

Metodyka przeprowadzania wycieczek po
obiektach gospodarki wodnej

ODPADY WODY



Zawartość

Arkusz okładkowy	3
1 Ogólne wprowadzenie	4
1.1.1 Legenda poziomu:	4
1.1.2 Historia wody:.....	4
1.1.3 Historia materii i energii:	4
1.1.4 Historia ludzi:	5
1.1.5 Jak przygotować się do wycieczki?.....	6
2 Własna wycieczka.....	9
2.1 zdrowie i bezpieczeństwo	9
2.2 Znaczenie oczyszczania ścieków komunalnych	10
2.3 Rozwój oczyszczania ścieków	12
2.4 Historia wody	13
2.4.1 Źródło ścieków	13
2.4.2 Droga wody do oczyszczalni ścieków.....	19
2.4.3 Oczyszczalnia ścieków.....	22
2.4.4 Jakość i kontrola ścieków	24
2.4.5 Przyszłość sprzątnia.....	26
2.5 Historia substancji i energii pozyskiwanej ze ścieków.....	27
2.6 Historia ludzi dbających o sieć kanalizacyjną i pracujących w oczyszczalni ścieków	32
2.7 Ceny wody.....	34
3 Opis technologii oczyszczalni ścieków.....	36
3.1 Czyszczenie mechaniczne	37
3.2 Oczyszczanie biologiczne	39
3.3 Sprzątnie trzeciorzędne.....	42
3.4 Gospodarka osadami.....	44

Arkusz okładkowy

Dokument ten został stworzony przez zespół autorów: Jitka Czakojová, Martin Srb, Helena Bakešová, Jakub Sochor, Denisa Čadková, Lenka Procházková, Jindřich Procházka, Andrea Benáková, Eliška Maršálková, Jana Šmídková i Jiří Paul, w ramach rozwiązania projektowego:



Od kohoutku do záchodu

Tento projekt je financován Evropskou unií v rámci Národního plánu obnovy.

Projekt cílí na zlepšování kvality odborných exkurzí a odborných přednášek či demonstrací v oblasti vody. Primárně se zaměřuje na poskytnutí podpory a materiálů pro učitele, odborníky a pracovníky vodo hospodářských společností, kteří provádějí exkurze.

Realizace projektu: únor 2024 – červenec 2025

Kierownikiem projektu jest Stowarzyszenie Wodne



1 Ogólne wprowadzenie

Witamy w metodologii wycieczek do oczyszczalni ścieków (ZTP). Oczyszczalnie ścieków są niezwykle ważne dla ochrony środowiska i zdrowia ludzi. Metodologia ta stanowi ogólne wprowadzenie i wskazówki, jak zaprezentować oczyszczalnię ścieków jako fascynujące miejsce, w którym rozgrywa się historia wody, substancji i energii, ale także ludzi, którzy tam pracują. Celem wycieczki jest nie tylko zapoznanie uczniów z podstawowymi zasadami oczyszczania ścieków, ale także zmotywowanie ich do odpowiedzialnego oczyszczania wody i środowiska.

Metodologia została stworzona tak, aby można ją było zastosować w większych i mniejszych oczyszczalniach ścieków. W rozdziale Opis technologii znajdziesz przegląd technologii sprzątania, spośród których możesz wybrać tylko te, które posiadasz w danej lokalizacji i uwzględnić je w wycieczce.

Metodologia przeznaczona jest dla uczniów szkół podstawowych i średnich, a nawet dla najbardziej ciekawskich uczestników wycieczek. Akapity oznaczone kolorami służą do rozróżnienia poszczególnych poziomów.

1.1.1 Legenda poziomu:

Szkoły podstawowe – ze względu na nauczanie chemii i innych przedmiotów, liczeni są przede wszystkim uczniowie drugiej klasy szkoły podstawowej (tj. w wieku ok. 11-15 lat).

Szkoły średnie – ok. 15-19 lat, uczęszczający do różnych szkół (gimnazjum, szkoły przemysłowe, praktyki...).

Dociekliwy - przydatny np. podczas wycieczek terenowych na seminaria fakultatywne z chemii lub ochrony środowiska w latach maturalnych lub dla młodzieżowych klubów technicznych i innych instytucji zajmujących się edukacją nieformalną.

Wycieczkę można prowadzić z różnych punktów widzenia, które można łączyć i w ten sposób tworzyć kompleksowe spojrzenie na problematykę oczyszczania ścieków. Przygotowaliśmy dla Was trzy – historię wody, historię substancji i energii oraz historię ludzi.

1.1.2 Historia wody:

Rozpocznij zwiedzanie od przedstawienia oczyszczalni ścieków jako miejsca, w którym rozgrywa się historia wody. Wyjaśnij uczniom, że ścieki, które wytwarzamy w naszych domach i zakładach przemysłowych, trafiają do oczyszczalni, gdzie są oczyszczane i zwracane do środowiska. Wprowadź ich w proces oczyszczania wody i wyjaśnij jego znaczenie dla ochrony środowiska.

1.1.3 Historia materii i energii:

Następnie skup się na historii substancji i energii, które są poddawane recyklingowi w oczyszczalni ścieków. Wyjaśnij uczniom, że w oczyszczalni ścieków stosuje się różnorodne technologie i procesy usuwania zanieczyszczeń ze ścieków. Pokaż im, jak ze ścieków uzyskuje się cenne substancje, takie jak fosfor czy azot, które następnie wykorzystuje się np. w rolnictwie. Wspomnij także o wykorzystaniu energii uzyskanej ze ścieków, np. do ogrzewania oczyszczalni lub produkcji odnawialnej energii elektrycznej i biometanu.

1.1.4 Historia ludzi:

Niech uczniowie poznają także historię ludzi pracujących w oczyszczalni ścieków. Przedstaw im różne zawody i zawody występujące w oczyszczalni, takie jak chemicy, technicy lub operatorzy. Wyjaśnij, jakie znaczenie ma ich praca dla ochrony środowiska i w jaki sposób dbają o prawidłowe funkcjonowanie oczyszczalni.

1.1.5 Jak przygotować się do wycieczki?

Aby wycieczka zainteresowała zwiedzających, a jednocześnie zabrała z niej wiedzę na dalsze życie, należy się do niej przygotować i dostosować interpretację do odbiorcy, jego wieku, doświadczenia i zainteresowań. Jednocześnie dobrze jest, aby wycieczka była jak najbardziej interaktywna (co odróżnia Cię od innych zajęć wyjaśniających, np. zwiedzania zamków i pałaców). Pamiętaj, że wycieczki z dłuższą częścią teoretyczną są bardziej odpowiednie dla uczniów szkół średnich. Młodszy uczestnicy charakteryzują się zdecydowanie niższym poziomem koncentracji, dlatego warto myśleć jak najbardziej praktycznie, nawet kosztem mniejszej ilości przekazywanych informacji.

W szczególności warto wiedzieć:

- **Ilu gości przyjdzie?**

Nie tylko jeśli chodzi o tłumaczenie, bo uwaga maleje wraz ze wzrostem liczby uczestników, ale także o rozwiązania techniczne – czy wszyscy mnie usłyszą? czy zmieścimy się w poszczególnych stacjach? czy do sterowni? Jeśli masz wystarczającą liczbę przewodników, nie bój się podzielić grupy na kilka mniejszych grup.

- **Ile mają lat i z jakiej szkoły pochodzą?**

Uczniowie szkoły przemysłowej nastawionej na automatyzację będą zainteresowani innymi informacjami niż uczniowie gimnazjum o kierunku humanistycznym, a tych z kolei innymi informacjami niż przyszłe pielęgniarki; Inaczej będzie wyglądać wycieczka dla uczniów szóstej klasy szkoły podstawowej, którzy nie znają chemii.

- **Jaki jest cel wycieczki?**

Czy przede wszystkim przekazać wiedzę teoretyczną na temat procesów sprzątnania, czy też w szkole odbyła się już lekcja teoretyczna, a celem wycieczki jest pokazanie zdobytej wiedzy w praktyce; lub przedstawić opis stanowiska pracy pracowników (kariera w branży wodnej).

- **Ile masz czasu na wycieczkę?**

Typowy czas to dwie godziny dydaktyczne, czyli około 1,5 godziny; zależy to jednak nie tylko od wieku uczestników, ale także od odległości szkoły od budynku oczyszczalni – ten aspekt wycieczki należy zawsze wcześniej uzgodnić z kadrą pedagogiczną.

Dobrym pomysłem jest wcześniejsze przygotowanie ogólnych informacji na temat oczyszczania ścieków, np.:

- **Ile wody przepłynie przez oczyszczalnię ścieków w stanie bezdeszczowym w ciągu sekundy, dnia, roku? Ile wody może oczyścić oczyszczalnia podczas ulewnego deszczu (tj. po wypełnieniu jej pojemności)?**

Aby uzyskać lepszy pomysł, zaleca się przeliczenie wartości na bardziej dostępne jednostki, patrz tabela poniżej.

Jednostka	Tom
Basen olimpijski (głębokość 2,5 m)	3125 m ³
wiejski staw	rzędu tysięcy m ³
cysterna kolejowa	46–90 m ³

zbiornik na podwoziu T815	9 m ³
czołg na podwoziu V3S	3,5 m ³
wanna	100–200 l
wiaderko	12 lat
konewka ogrodowa	5 l

- **Jaki jest udział ścieków, wód balastowych i wody przemysłowej?**
- **Z jakich części miasta/gminy odprowadzasz ścieki do konkretnej oczyszczalni ścieków?**

Czy do tej oczyszczalni ścieków odprowadzane jest całe terytorium miasta/gminy, czy też niektóre obszary są traktowane inaczej. Lub czy istnieje inny pobliski obszar podłączony do konkretnej oczyszczalni ścieków.

- **Z ilu osób/gospodarstw domowych oczyszczacie ścieki?**

Oczywiście nie potrzebujesz dokładnej liczby, a raczej rząd wielkości dla pomysłu.

- **Jak długa jest sieć kanalizacyjna i z jakiego materiału jest wykonana?**

Ponownie możliwe jest powiększenie na podstawie np. odległości od miejsca wycieczki lub centrum miasta/wieś do miasta XY; ile jest na nim stacji benzynowych i innych ciekawych obiektów.

- **Ile prądu potrzeba do oczyszczenia ścieków?**

Można porównać ze zużyciem w domu – średnie zużycie energii elektrycznej w Czechach w 2023 roku na 1 gospodarstwo domowe wyniosło 3500 kWh/rok (przeciętne zużycie wody w oczyszczalni na 1 ekwiwalentnego mieszkańca wynosi około 50 kWh/EO).

- **Do jakiego cieką wpływają oczyszczone ścieki?**

Oprócz nazwy cieką istnieje możliwość dodania innych informacji takich jak:

Jaka jest jakość wody w strumieniu? Jakie jest jego natężenie przepływu? Jaką część przepływu stanowią ścieki z oczyszczalni?

- **Ile kosztuje oczyszczenie 1 litra wody?**

Pomyśl o:

- **Gdzie zabierzesz gości?**

Pod względem ich bezpieczeństwa, bezpieczeństwa ruchu drogowego, pojemności przestrzeni, wymiaru czasowego zwiedzania oraz odległości pomiędzy poszczególnymi lokalizacjami.

- **Jakie główne informacje uczestnicy powinni zabrać z wycieczki?**

Nie zaleca się tutaj przełączania ich mocy, wystarczy, że zabrają 3-4 kluczowe informacje.

- **Jak z grubsza nazwiesz je razem z czasem przeznaczonym na poszczególne przystanki?**
- **Co im pokażesz i zademonstrujesz, że mogą spróbować sami w swoich warunkach?**
- **O co mogą Cię zapytać?**

- **Czego nie rozumiałeś w ich wieku, a chciałbyś zrozumieć?**
- **O co ich zapytasz?**

Aby uczynić wycieczkę bardziej interaktywną i jednocześnie poznać początkowy stan wiedzy uczestników na dany temat.

Zapewnij i przygotuj z wyprzedzeniem:

- **Niezbędne dokumenty wymagane przez operatora obiektu (np. BHP, lista imienna uczestników).**
- **W razie potrzeby niezbędny sprzęt ochronny (kamizelki odblaskowe, kaski, rękawice itp.).**
- Karty pracy dla zwiedzających (po uzgodnieniu z nauczycielami).
- Pomoce demonstracyjne.

Np. urządzenia do poboru wody w poszczególnych etapach technologicznych, cylinder sedymentacyjny osadu itp. Zalecamy także przygotowanie uproszczonego schematu technologicznego, mapy lub zdjęcia lotniczego terenu (w celu rozdania uczestnikom lub, w razie potrzeby, regularnego ukazywania aktualnej lokalizacji na dużym formacie).

- **Drobne nagrody dla gości, jeśli są dostępne (na przykład długopisy firmowe, cukierki...).**
- **Możliwość skorzystania z toalety i umycia rąk po wycieczce.**

2 Własna wycieczka

2.1 zdrowie i bezpieczeństwo

Krótką wycieczką terenową, szkolenie w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy, jest pierwszą obowiązkową częścią każdej wycieczki terenowej. Proszę nie lekceważyć tej części, nawet jeśli może się ona wydawać zbędna lub zbędna.

Podczas szkolenia BHP skorzystaj z wewnętrznych wytycznych swojej firmy lub możesz skorzystać z załącznika do tej metodologii, który zawiera prosty przegląd tego, z czym należy zapoznać uczestników wycieczki.

Ponadto zaleca się wcześniejsze przesłanie wprowadzenia na temat bezpieczeństwa i higieny pracy oraz zażądanie podpisanej imiennej listy uczestników z potwierdzeniem, że zostali oni z wyprzedzeniem zaznajomieni z zasadami bezpieczeństwa i higieny pracy oraz jedynie krótkiego odświeżenia zagadnień związanych z bezpieczeństwem i higieną pracy przed wycieczką.

Na początku wycieczki należy podkreślić, że uczestnicy w trakcie wycieczki nie będą mogli jeść, pić ani opuszczać grupy. Przed startem warto zarezerwować czas uczestnikom na szybką przekąskę lub wizytę w toalecie.

2.2 Znaczenie oczyszczania ścieków komunalnych

? Pytanie: Po co oczyszczamy wodę?

💡 Odpowiedź:

W przeszłości ścieki służyły bezpośrednio do lokalnych rzek, strumieni, stawów, mórz itp. Celem było jak najszybsze pozbycie się ścieków. Jednak zanieczyszczenie dróg wodnych często skutkowało zniszczeniem ich ekosystemów, chorobami i zapachami rozprzestrzeniającymi się po wodzie, a także brakiem możliwości wykorzystania wody do niezbędnych działań.

Oczyszczanie wody jest szczególnie ważne ze względu na użytkowanie rzeki poniżej oczyszczalni ścieków. Gdybyśmy nie oczyścili dostatecznie ścieków, istniałoby zagrożenie dla zdrowia publicznego. Wody znajdujące się pod oczyszczalnią ścieków mogą być wykorzystywane do celów rekreacyjnych, jako źródło wody pitnej lub do nawadniania. Oczyszczanie wody zapobiega przenoszeniu zarazków, bakterii i substancji chemicznych, które mogłyby powodować choroby, infekcje i sprzyjać procesowi eutrofizacji.

ZŚ: Oczyszczanie ścieków komunalnych ma fundamentalne znaczenie dla ochrony środowiska i zdrowia ludzkiego. Problem ten towarzyszy ludzkości od czasów starożytnych, kiedy to pierwsze cywilizacje zmagaly się ze wpływem zanieczyszczonej wody na swoich mieszkańców.

SŚ: W starożytnym Rzymie istniał rozbudowany system kanałów ściekowych odprowadzających ścieki z miasta. Niemniej jednak choroby takie jak cholera i czerwonka wywołane zanieczyszczoną wodą nadal się rozprzestrzeniały. Historycznie rzecz biorąc, epidemie te pochłonyły miliony istnień ludzkich i doprowadziły do konieczności skutecznego rozwiązania problemu ścieków.

Punktem zwrotnym było odkrycie w XIX wieku mikroorganizmów i ich roli w rozkładzie substancji organicznych. Umożliwiło to rozwój biologicznych oczyszczalni ścieków, które wykorzystują naturalne procesy biologiczne do usuwania zanieczyszczeń. Pierwsza nowoczesna oczyszczalnia ścieków została uruchomiona w Wielkiej Brytanii w 1892 roku.

Oczyszczanie ścieków jest obecnie absolutnie konieczne, aby utrzymać jakość zasobów wodnych i chronić środowisko. Zrzut nieoczyszczonych ścieków do rzek, jezior i mórz miałby niszczyielski wpływ na ekosystemy wodne, powodując śmierć ryb i innych organizmów wodnych oraz uniemożliwiając wykorzystanie wody do celów rekreacyjnych lub do produkcji wody pitnej.

Przykładem może być sytuacja w Indiach, gdzie rzeka Ganga jest jedną z najbardziej zanieczyszczonych rzek świata na skutek odprowadzania nieoczyszczonych ścieków z miast i zakładów przemysłowych. Zanieczyszczenie to nie tylko zagraża lokalnym ekosystemom, ale także stwarza poważne ryzyko dla zdrowia milionów ludzi zależnych od rzeki.

Wręcz przeciwnie, właściwe oczyszczanie ścieków umożliwia bezpieczne odprowadzanie oczyszczonej wody z powrotem do dróg wodnych bez ich zanieczyszczenia. W ten sposób chronione są ekosystemy wodne, zachowywana jest jakość wody pitnej i zmniejszane jest ryzyko rozprzestrzeniania się chorób. Oczyszczanie ścieków umożliwia także recykling i ponowne wykorzystanie cennych zasobów, takich jak składniki odżywcze i energia zawarta w ściekach.

Oczywiste jest, że oczyszczanie ścieków komunalnych jest kluczowym czynnikiem zrównoważonego rozwoju naszych miast i gmin oraz ochrony środowiska dla obecnych i przyszłych pokoleń.

Ciekawostka: Latem 1858 roku w Londynie pojawił się tzw. Wielki Zapach. W tym czasie w Londynie mieszkało około 2 milionów ludzi i liczba ta stale rosła. Pierwotnie do toalety szły w nocnikach, które opróżniano do szamb, które wywożono poza miasto na pola, a ich zawartość rolnicy wykorzystywali jako nawóz, ale także do produkcji prochu. Jednak wraz ze wzrostem liczby osób, studzienki przestały wystarczać i pojawiły się toalety sputkiwane, co spowodowało dalszy wzrost ilości ścieków. Władze Londynu ostatecznie zdecydowały, że ścieki będą początkowo odprowadzane kanałami burzowymi do Tamizy. Rzeka zamieniła się w drenaż. Trafiła do nich wszystko – od zawartości toalet po martwe psy, rozkładającą się żywność i odpady przemysłowe, w tym części zwierząt z rzeźni i chemikalia z garbarni. Ponadto lato 1858 r. było wyjątkowo gorące, dlatego nieczystości w rzece rozkładały się jeszcze szybciej niż zwykle. Odpady w rzece „dosłownie wrzały i fermentowały”, a smród był taki, że ludzie wymiotowali i tracili przytomność na ulicach, królowa Wiktorja odwołała rejsy po rzece, a Parlament nie mógł siedzieć. Nie pomogło nawet wsypanie do rzeki 250 ton wapna chlorowanego. Ostatecznie zdecydowano się na budowę nowego, kompletnego systemu kanalizacyjnego o długości 1800 km, odprowadzającego wodę pod miasto (budowa rozpoczęła się już w następnym roku). Po jego zakończeniu w Londynie nie było już więcej epidemii cholery.

? Pytanie: Co to jest eutrofizacja?

💡 Odpowiedź: Eutrofizacja odnosi się do procesu wzbogacania wody w składniki odżywcze, zwłaszcza azot i fosfor zawarte w moczu i kale. Rozróżnia się eutrofizację naturalną i nienaturalną (spowodowaną działalnością człowieka). Na skutek dużej ilości składników odżywczych w wodzie rozmnażają się plankton, a także sinice (zakwit wodny), co powoduje spadek zawartości tlenu w wodzie, co objawia się jej gniciem, śmiercią ryb i innych organizmów żyjących w wodzie.

W większości krajów istnieją wymagania prawne dotyczące jakości wody i uzdatniania wody, których należy przestrzegać. Przepisy te mają na celu ochronę zdrowia ludzkiego i środowiska.

2.3 Rozwój oczyszczania ścieków

Wycieczkę można rozpocząć od krótkiego wprowadzenia historycznego dotyczącego rozwoju oczyszczania ścieków w danej miejscowości. Celem tej sekcji nie jest wchodzenie w szczegóły, ale jedynie wskazanie najważniejszych kamieni milowych. Informacje na temat rozwoju lokalnego można znaleźć w archiwum firmy lub archiwum odpowiedniej gminy. Ponadto wskazane jest poinformowanie zwiedzających o ewentualnym rozwoju oczyszczalni w kolejnych latach, np. zwiększeniu jej wielkości w związku ze wzrostem liczby mieszkańców.

Jeśli informacje historyczne nie są dostępne, można wykorzystać poniższe akapity jako krótkie wprowadzenie, które dotyczą ogólnego rozwoju gospodarki ściekowej i oczyszczania ścieków.

Szkoła podstawowa: Radzimy nie obciążać uczniów dokładnymi datami, a jedynie wspomnieć o najważniejszych zmianach, jakie zaszły w oczyszczalni w okresie jej istnienia.

Szkoła średnia: Z tymi uczniami można już zagłębiać się w szczegóły, ale postarać się przeplatać dane różnymi ciekawostkami i historiami, na przykład z rekonstrukcji.

Ogólna historia przemysłu czystości w Republice Czeskiej

Proces oczyszczania ścieków przedostał się do Czech z Anglii, gdzie pod koniec XIX wieku powstały pierwsze oczyszczalnie (mechaniczne lub mechaniczno-chemiczne). Do oczyszczalni zalicza się także Stara Oczyszczalnia Ścieków w Pradze w Bubenču. Co ciekawe, oczyszczalnia ta zlokalizowana jest pod ziemią.

Na początku XX wieku proces aktywacji odkryto w Manchesterze w Anglii. Dwóch brytyjskich chemików (Edward Arden i William Lockett) prowadziło eksperymenty z napowietrzaniem ścieków i odkryło, że w wodzie tworzy się zawiesina, co skraca czas oczyszczania ścieków. Nazwali ten osad czynny w zawieszynie. Rozpowszechnianie się tego odkrycia spowolniła I i II wojna światowa, a szerzej proces ten zaczęto praktykować dopiero po drugiej wojnie światowej (po 1945 r.). Pierwszą oczyszczalnią ścieków, w której zastosowano oczyszczanie biologiczne metodą aktywacji, była Oczyszczalnia Modřice (1961). Proces ten został następnie zastosowany w Pradze w 1968 roku.

2.4 Historia wody

2.4.1 Źródło ścieków



Wskazówka dotycząca interpretacji: Tutaj uczestnicy wycieczki mają dużo miejsca na przemyślenia. Co wszystko trafia do pralni chemicznej? Skąd? Gdzie w domu powstają ścieki (toaleta, prysznic, zmywarka, pralka itp.) i w jakiej ilości? Jakie są inne źródła ścieków w okolicy (przedsiębiorstwa przemysłowe, rolnictwo, szpitale, szkoły, restauracje,...)? Co by się stało, gdybyśmy nie oczyszczali ścieków i nie odprowadzali ich bezpośrednio do rzeki? Wspominając o zanieczyszczeniach organicznych, można podać liczbę równoważnych mieszkańców. Podsumowując, wypada powiedzieć, w jaki sposób mieszkańcy płacą za oczyszczanie ścieków.

? Pytanie: Gdzie odprowadzane są ścieki?

💡 Odpowiedź: Ścieki to woda, której używaliśmy, a która jest teraz zanieczyszczona. Woda ta pochodzi z naszych domów (toaleta, zmywarka, pralka,...), fabryk, szpitali i biur. Dotyczy to również wody deszczowej, która nie wsiąkała w ziemię podczas burzy lub ulewnego deszczu, ale spłynęła do kanalizacji. Cała ta woda spływa do rury, która odprowadza ją do oczyszczalni ścieków w celu oczyszczenia i powrotu do natury.

ZŠ: Omówcie ogólnie, jakie są źródła ścieków w gospodarstwie domowym – gdzie ich zdaniem zużywa się najwięcej wody i co znajduje się w ściekach (woda, cząstki stałe, cząstki pływające, oleje, tłuszcze).

Dociekliwy: Ze względu na pochodzenie ścieki dzielimy na:

- ścieki ścieki (lub ścieki) – pochodzą z gospodarstw domowych i obiektów socjalnych
- ścieki przemysłowe - pochodzą z przemysłu (z fabryk)

? Pytanie: Co zawierają ścieki?

💡 Odpowiedź: Zanieczyszczenie wody składa się z substancji rozpuszczonych i nierozpuszczonych. Substancje rozpuszczone mogą być biodegradowalne (np. monosacharydy) lub niebiodegradowalne (np. barwniki azowe). Do substancji rozpuszczonych występujących w ściekach zaliczają się także rozpuszczone sole nieorganiczne. Nierozpuszczone substancje organiczne w ściekach dzielimy ponownie na degradable (skrobia, celuloza) i niedegradowalne (tworzywa sztuczne). Do nierozpuszczonych substancji nieorganicznych zalicza się na przykład piasek i żwir. Dopływająca woda zawiera także rzeczy, które bardziej przypominają odpady komunalne. Nie powinny one jednak trafiać do ścieków i w ogóle nie powinny do nich trafiać. Ponadto w wodzie znajdują się bakterie i drobnoustroje, które mogą powodować choroby.



Wskazówka dotycząca interpretacji: Wykorzystaj tę okazję, aby omówić z uczestnikami, czego nie należy wyrzucać do śmieci. Zazwyczaj wskazane jest przeprowadzenie tej dyskusji w miejscu, w którym widać płynącą wodę i można od razu wskazać przedmioty, które nie powinny znajdować się w ściekach. Warto też zapytać o ich praktykę w domu i być może także o to, co robią z olejami i tłuszczami.

Szkoła podstawowa: W przypadku starszych uczniów można bezpośrednio zadawać pytania pomocnicze na temat składu chemicznego ścieków – jakie substancje organiczne lub nieorganiczne znajdują się w ściekach.

? Pytanie: Ile ścieków wytwarza człowiek?

💡 Odpowiedź: Ilość i jakość ścieków wytwarzanych przez człowieka może się różnić. Na potrzeby projektowania oczyszczalni stworzono jednostkę zwaną liczbą ludności równoważnej (EO), która odzwierciedla średnią ilość i jakość ścieków wytwarzanych w ciągu jednego dnia przez jednego mieszkańca. Ilość zanieczyszczeń wytwarzanych przez jednego EO odpowiada:

1 EO = 120-150 l/d ścieków

1 EO = 60 g/d substancji organicznych (BZT5) 1 EO = 11 g/d N_{total} 1 EO = 2,5 g/d P_{total}

BZT5 (biologiczne zapotrzebowanie tlenu) jest metodą analityczną służącą do oznaczania substancji organicznych ulegających rozkładowi biochemicznemu w warunkach tlenowych. Inaczej mówiąc: biologiczne zapotrzebowanie tlenu wyraża ilość tlenu potrzebną bakteriom do usunięcia zanieczyszczeń organicznych ze ścieków.

Z reguły do oczyszczalni ścieków przyłączane są także budynki przemysłowe. Do oszacowania zanieczyszczeń tworzone są tabele przeliczeniowe, za pomocą których możemy obliczyć zanieczyszczenie odpowiadające równoważnym mieszkańcom.

Na przykład:

Produkcja 1 tony buraków w cukrowni odpowiada 45-70 EO.

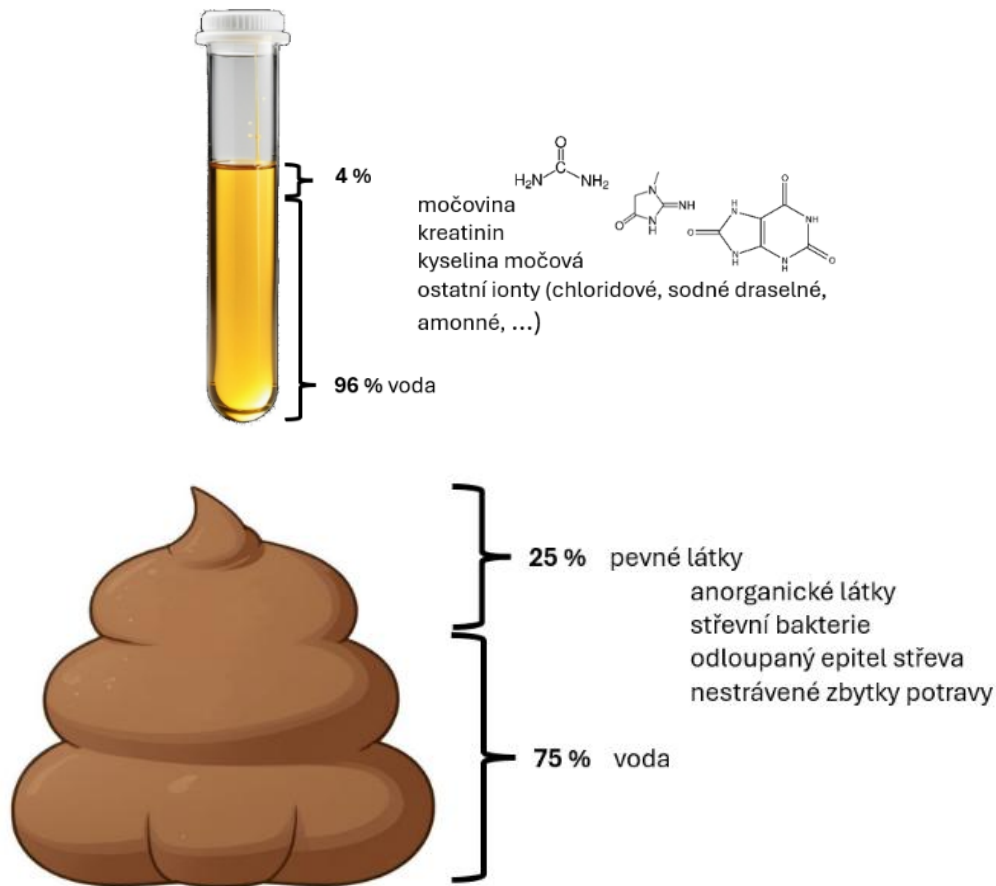
Produkcja 1 m³ piwa odpowiada 150-350 EO.

Wypranie 1 tony prania w pralni odpowiada 350-950 EO.

? Pytanie: Jakie substancje zawiera ludzki mocz i kał?

💡 Odpowiedź: Mocz i kał są produktami odpadowymi metabolizmu człowieka. Mocz powstaje w wyniku filtrowania krwi w nerkach, a kał tworzy się w jelicie grubym.

Skład ludzkiego moczu i kału przedstawiono na poniższych rysunkach. Z punktu widzenia oczyszczania ścieków ważnym źródłem azotu jest mocz. Z kolei odchody są źródłem fosforu i substancji organicznych. Substancje organiczne pochodzą z resztek pożywienia, które nie zostało całkowicie strawione w naszym organizmie.



? **Pytanie:** Czy skład ścieków różni się w różnych miastach/lokalizacjach, czy też wszędzie jest taki sam?

💡 **Odpowiedź:** Ścieki z gospodarstw domowych i obiektów socjalnych (ścieki) mają w przybliżeniu taki sam skład. Jeśli chodzi o ścieki przemysłowe, skład tutaj jest bardzo zależny od rodzaju przemysłu. Charakter zanieczyszczeń ma duży wpływ na technologię stosowaną w OŚ.

? **Pytanie:** Co należy, a co nie powinno znajdować się w toalecie?

📋 **Wskazówka interpretacyjna:** W tej części wskazane jest edukowanie odwiedzających o tym, czego nie należy wyrzucać do kanalizacji, a czego nie należy spuszczać do toalety, zlewu kuchennego lub zlewu w domu.

💡 **Odpowiedź:** Ścieki nie obejmują:

- resztki jedzenia
- odpady z niszczarek kuchennych
- tłuszcze i oleje
- artykuły higieniczne – chusteczki nawilżane i kosmetyczne, patyczki kosmetyczne, pieluchy jednorazowe,...
- odpady komunalne
- pozostałości chemiczne lub być może rtęć

Ciekawostka: Boże Narodzenie to krytyczny czas, kiedy złym zwyczajem jest wylanie ogromnych ilości oleju do śmieci. Olej należy umieszczać w pojemnikach na olej lub na placu zbiórki.

? Pytanie: Dlaczego te rzeczy nie powinny trafiać do ścieków?

💡 Odpowiedź: Ponieważ mogą uszkodzić lub zatkać rury i urządzenia kanalizacyjne na oczyszczalni ścieków. Na przykład tłuszcz osadza się na ściankach kanału ściekowego, a następnie łąpią się na nim inne zanieczyszczenia (serwetki, artykuły higieniczne itp.). Może to prowadzić do całkowitego zatkania rur, a ścieki nie będą miały gdzie odpływać. Nie chodzi tylko o rury doprowadzające ścieki do oczyszczalni, zatory mogą również wystąpić w rurach kanalizacyjnych w Twoim domu. W takim przypadku lekarstwo jest bardzo skomplikowane i nieprzyjemne. Lub, w przypadku resztek jedzenia, mogą stanowić siedlisko licznych szczurów w kanałach, które mogą przenosić choroby i są na ogół niepożądanymi gośćmi w miastach i domach, z którymi następnie należy się uporać poprzez eksterminację w kanałach. W przypadku substancji niebezpiecznych i chemikaliów istnieje ryzyko uszkodzenia technologii oczyszczalni, zwłaszcza procesu biologicznego, a także zagrożenie dla osób pracujących przy kanalizacji i oczyszczalni.

Dociekliwy: Najbardziej znany przypadek zatoru kanałów ściekowych tłuszczem i innymi ściekami pochodzi z Londynu w 2017 roku. Zgromadzony materiał mierzył 250 metrów i ważył 130 ton. Usunięcie go zajęło 9 tygodni pracy. W języku angielskim ukuto nawet nazwę „Fatberg” dla tego „złoża”, które powstało ze słów „fat” – gruby i „iceberg” – góra lodowa, po czesku można by go nazwać „tukovec”.

2.4.2 Droga wody do oczyszczalni ścieków



Wskazówka interpretacyjna: Warto tutaj wiedzieć, skąd ścieki doptywają do Twojej oczyszczalni (z jakich miast/powiatów/gmin), ile ich jest (w skali roku i na sekundę), od ilu osób pochodzą, jak długo trwa sieć kanalizacyjna doprowadzająca wodę, ile czasu potrzeba, aby ścieki doptynęły do oczyszczalni. Możesz przeprowadzić ankietę wśród odwiedzających, czyje ścieki tu płyną, dokąd płyną ścieki z ich szkoły i tak dalej.

? Pytanie: W jaki sposób ścieki są odprowadzane do oczyszczalni ścieków?

💡 Odpowiedź: Ścieki z budynków odprowadzane są rurami, które łączą się z większymi rurami tworzącymi sieć kanalizacyjną. Sieć kanalizacyjna to system transportowy, który transportuje ścieki z miejsca ich powstania do miejsca ich oczyszczenia. Sieć kanalizacyjna przebiega pod ziemią, ale jej przebieg możemy rozpoznać po okrągłych pokrywach studzienek kanalizacyjnych na ulicy.

Kanalizacja, czyli sieć kanalizacyjna, może być zaprojektowana w różnych stylach, w zależności od tego, czy ścieki i woda deszczowa są odprowadzane razem. Ujednoliconą sieć, w której jak sama nazwa wskazuje, usuwane są wszystkie ścieki niezależnie od ich rodzaju, czyli ścieki usuwane są razem z wodą deszczową. Sieć kanalizacyjna, w której ścieki i woda deszczowa odprowadzane są odrębnymi drogami i nie mieszają się, nazywa się systemem odrębnym. Ścieki odprowadzane są do oczyszczalni ścieków, natomiast wody deszczowe odprowadzane są np. do cieku wodnego.

Wadą zunifikowanej sieci kanalizacyjnej jest jej przeciążenie podczas ulewnych opadów. Sieć kanalizacyjna projektowana jest na maksymalną ilość ścieków, jaką jest w stanie pomieścić, to samo dotyczy oczyszczalni ścieków. W przypadku przekroczenia przepustowości sieci kanalizacyjnej lub oczyszczalni ścieków, ścieki „nadmiarowe” spadają przez komory upustowe bezpośrednio do cieku wodnego. Te nieoczyszczone ścieki, które zawierają na przykład ścieki z toalet, zanieczyszczają drogę wodną.

Sposobem na zmniejszenie ilości wody deszczowej przedostającej się do kanalizacji jest celowe wychwytywanie wody deszczowej. Woda deszczowa, która spływałaby chodnikiem, drogą czy np. dachem do kanału, jest kierowana tak, aby przedostawała się do gleby, gdzie mogła zostać wykorzystana przez rośliny.

Szkoła podstawowa: Dowiedz się, jak daleko jest szkoła, z której pochodzili, i porównaj ją z długością sieci kanalizacyjnej. Niech zgadną, po jakim czasie ścieki dotrą do oczyszczalni. Omów, gdzie i dlaczego znajdują się studzienki kanalizacyjne (główne drogi). Można dopytywać o różne napotkane obiekty i urządzenia sieci kanalizacyjnej – najczęściej będą wymieniać kanał, można im powiedzieć, że prawidłowo nazywa się je drenem lub gulą.

Dociekliwy: Na ulicach najczęściej możemy spotkać dwa obiekty, które potocznie określa się jako „kanał”. Być może zauważyłeś, że niektóre „kanały” mają ruszt i umożliwiają przepływ wody. Są to odpływy kanalizacyjne, zwane także gule. Ale niektóre włazy mają albo tylko małe dziurki, albo nie mają ich wcale. Są to pokrywy studzienek kanalizacyjnych umożliwiające dostęp do obiektów sieci kanalizacyjnej. Zwykle ukrywają przyłącze, zmianę kierunku kanału (szyb łamany) lub jest to szyb rewizyjny, który jest umieszczany regularnie w celu zapewnienia dostępu do kanału i jego oczyszczenia wodą pod ciśnieniem i specjalnym sprzętem.

? Pytanie: Dlaczego kanalizacja śmierdzi?

💡 Odpowiedź: W wyniku rozkładu związków organicznych w sieci kanalizacyjnej powstają gazy, które powodują silny zapach. Rozkład związków organicznych zachodzi w miejscach, gdzie występuje niewielki przepływ ścieków lub niewystarczający spadek sieci kanalizacyjnej. W wyniku rozkładu związków organicznych zawierających siarkę powstaje sulfan, który jest trującym gazem. Sulfan śmierdzi zgniłymi jajkami.

Istotną rolę odgrywa również przepływ powietrza w kanalizacji. Jeśli w ściekach jest wystarczająca ilość tlenu, gnicie występuje do minimum.

Podczas ulewnych opadów cały osiadły brud jest spłukiwany do sieci kanalizacyjnej. Pierwsza fala ścieków docierająca do oczyszczalni jest zatem bardzo skoncentrowana.

Szkoła podstawowa: Możesz dać uczniom trochę przestrzeni i zapytać, czy kiedykolwiek poczuli zapach ścieków i do czego by go porównali.

SŚ: Sulfan śmierdzi już w stężeniu 0,5 ppm (cząsteczek na milion). Tutaj możesz poprosić uczniów o podpowiedź – ile ich zdaniem cząsteczek musi znajdować się w ściekach, abyśmy mogli wyczuć zapach siarki? To pytanie da uczniom do myślenia i zapozna ich z nowymi jednostkami ppm, które są często używane do wyrażania stężenia w USA.

Sulfan pachnie zatem od stężenia, gdy w powietrzu przypada jedna cząsteczka sulfanu na dwa miliony cząsteczek powietrza (tlen + azot). Lub przy zawartości 0,00005% sulfanu w powietrzu. Czyli 0,5 ml sulfanu na 1 m³ powietrza.

? Pytanie: Czy w kanałach żyją jakieś zwierzęta?

💡 Odpowiedź: W sieci kanalizacyjnej żyją szczury, wyrzucając resztki do śmieci zapewniamy im źródło pożywienia. Z tego powodu mogą nawet rozmnażać się w niektórych miastach. Ich eksterminacja odbywa się w miesiącach wiosenno-letnich, poprzez umieszczenie w sieci kanalizacyjnej trujących pułapek, aby utrzymać populację szczurów na rozsądnym poziomie. Hubex służy do tępienia szczurów – pułapek na żywność odpowiednich do wilgotnych środowisk. Zawierają one np. bułkę tartą, mączkę, kukurydzę, czekoladę, tłuszcz i substancję czynną antykoagulant.

Szczur jest często mylony ze szczurem. Szczur ma jaśniejsze futro, jest większy, ma krótszy ogon niż ciało i lubi wilgotne środowisko. Chociaż szczur ma czarnoszarą sierść, jest mniejszy, ale jego ogon jest dłuższy niż ciało i nie lubi wilgotnego środowiska.

? Pytanie: Jaka jest temperatura w kanalizacji?

💡 Odpowiedź: Temperatura ścieków w kanalizacji zależy od pory roku i waha się od 8 do 20°C.

? Pytanie: Jaki kształt ma kanał ściekowy?

💡 Odpowiedź: Profile poprzeczne kanałów ściekowych mogą mieć różne kształty. Podstawowy kształt jest okrągły. Innym kształtem jest kształt owalny, który idealnie nadaje się do jednolitych odpływów o zmiennym przepływie. Profil wylotowy stosuje się, gdy wysokość nadkładu jest niewystarczająca.

? Pytanie: Z jakich materiałów wykonana jest sieć kanalizacyjna?

💡 Odpowiedź: Sieć kanalizacyjna musi być zbudowana z materiałów odpornych na ścieranie, korozję, środki chemiczne i działanie mikrobiologiczne. Do budowy sieci kanalizacyjnej wykorzystuje się kamionkę, beton, żeliwo, bazalt, cegły kanalizacyjne (dzwony) lub tworzywa sztuczne.

Dociekliwy: Do budowy kanałów ściekowych używano wcześniej specjalnych cegieł ceramicznych, tzw. cegieł dzwonowych. Są to bardzo twarde cegły wykonane ze specjalnej gliny, które dwukrotnie wypala się w piecu ceglanym płomieniem redukującym. Stare siatki pończosznice można zobaczyć np. w Rzymie (Forum Romanum) czy w Pradze, gdzie kilka razy w roku otwierane jest Wejście dla Cudzoziemców (przy Staromiejskim Zegarze Astronomicznym). Tutaj można wejść do komory łączącej, która została zbudowana ponad sto lat temu.

2.4.3 Oczyszczalnia ścieków



Wskazówka dotycząca interpretacji: Tę część należy skompilować tak, aby odpowiadała konkretnej oczyszczalni. W poniższych akapitach znajdziesz ogólnie opisane etapy oczyszczania ścieków. Bardziej szczegółowe wyjaśnienie poszczególnych technologii dostępnych w Twojej oczyszczalni można znaleźć w rozdziale 3. Opis technologii oczyszczalni ścieków. Ten rozdział ma formę tak zwanego katalogu, z którego możesz wybrać tylko te części, które odpowiadają Ci w interpretacji wycieczki.

? Pytanie: Gdzie i jak oczyszczane są ścieki?

💡 Odpowiedź: Na oczyszczalni ścieków.

Sieć kanalizacyjna doprowadza ścieki do oczyszczalni, gdzie rozpoczyna się ich oczyszczanie. Niewielkie ilości zanieczyszczeń może oczyścić sama natura, proces ten nazywa się samooczyszczaniem. Oczyszczalnia ścieków kieruje się tymi samymi zasadami co przyroda, tylko my stwarzamy optymalne warunki, aby odbywały się one możliwie najszybciej.

Sposób oczyszczania wody będzie różny w zależności od konkretnej lokalizacji, technologii, w jakie wyposażona jest oczyszczalnia, rodzaju napływających ścieków, a także ilości oczyszczanej wody.

W miarę możliwości ścieki przepływają przez oczyszczalnię grawitacyjnie, czyli metodą spadku grawitacyjnego. Jest to szczególnie korzystne pod względem zużycia energii elektrycznej. Zaoszczędzimy energię, którą w przeciwnym razie zużylibyśmy do obsługi pomp.

Najpierw musimy usunąć duże przedmioty, które unoszą się w wodzie lub znajdują się na dnie. Mogą to być np. kamienie, piasek, resztki jedzenia czy wilgotne chusteczki. Przedmioty te są usuwane w taki sposób, że przepływ wody zostaje spowolniony, a brud osiada na dnie (osadnik żwiru, piaskownika) lub łapie się na rusztach lub sitach (czesalnia). Oprócz wyżej wymienionych obiektów w wodzie występują także nierozpuszczone substancje organiczne, które są wychwytywane w osadnikach. Ten osadzony materiał, zwany osadem pierwotnym, jest wypompowywany w celu dalszego przetwarzania w celu zagospodarowania osadu. W wodzie pozostają wówczas zanieczyszczenia, których nie widać gołym okiem, czyli są w wodzie rozpuszczone.

Rozpuszczone zanieczyszczenia mogą w pewnym stopniu usunąć z wody bakterie i inne mikroorganizmy (zbiornik aktywacyjny). Technicznie rzecz biorąc, zbiór tych bakterii nazywa się osadem czynnym, a proces czyszczenia nazywa się czyszczeniem biologicznym.



Wskazówka interpretacyjna: Wskazane jest dostosowanie głębokości opisu biologicznego oczyszczania ścieków do grupy docelowej. Poniżej oferujemy warianty w zależności od poziomu słuchaczy.

ZŚ: W oczyszczalni ścieków trzymamy te bakterie jak zwierzęta w zoo. Dbamy o nie, stwarzając im odpowiednie warunki do życia i dostarczając ścieki jako pożywienie. Hodujemy tutaj kilka rodzajów bakterii. Jakich warunków potrzebują do życia? To zależy od ich charakteru, jedne potrzebują do życia dużo powietrza, inne zaś doceniają to, gdy nie mają go wcale. Zadowolone bakterie żyją razem i tworzą takie małe miasteczka, które nazywamy płatkami, rozmnażają się, a ich populacja rośnie.

SŚ: Osad czynny składa się z mikroorganizmów, które utrzymujemy w wymaganej ilości w oczyszczalni ścieków. Do mikroorganizmów osadu czynnego zaliczają się bakterie, pierwotniaki (chrząszcze gnojowe, mięczaki, skorupiaki), metazoa (wrotki, nicienie, robaki), a także pleśnie, grzyby i drożdżaki.

Wskazówka dotycząca interpretacji: W tym miejscu dobrze byłoby pokazać dzieciom zdjęcia wspomnianych mikroorganizmów lub film, na przykład na telefonie komórkowym, aby nie było to tylko długie wyjaśnienie. Ponadto możesz zachęcić dzieci, aby poprosiły nauczyciela biologii w szkole o dodatkowe informacje.

Bakterie przekształcają zanieczyszczenia ze ścieków poprzez swój metabolizm, co oznacza, że zanieczyszczenia służą im jako pożywienie. Wyróżniamy kilka typów bakterii ze względu na ich metabolizm. Bakterie utleniające substrat organiczny (organotroficzne), bakterie utleniające azot amonowy i azot azotynowy do azotu azotanowego (nityfikacja), bakterie redukujące azot azotanowy do azotu gazowego (denityfikacja) oraz bakterie gromadzące w swoich komórkach większą ilość fosforu (poli-P). Poszczególne typy bakterii potrzebują do swojego metabolizmu odpowiednich warunków tlenowych – bakterie utleniające potrzebują tlenu, bakterie redukujące natomiast potrzebują warunków praktycznie beztlenowych. Dlatego warunki panujące w oczyszczalni ścieków zmieniają się tak, aby każdy rodzaj bakterii mógł wykonać swoją pracę. Bakterie żyją razem w płatkach, rozmnażają się, a ich ilość lub stężenie w ustroju wzrasta.

Dociekliwy: Istnieje ciągła zacięta rywalizacja o zasoby („pożywienie”) pomiędzy poszczególnymi gatunkami organizmów w osadzie czynnym. Bakteria, która w ustalonych warunkach będzie w stanie uzyskać najwięcej energii, rozmnoży się najwięcej i tym samym zacznie dominować i wypierać te mniej skuteczne. Różne grupy bakterii rozkładających różne rodzaje zanieczyszczeń często uważają za idealne zupełnie inne warunki. Ponadto większość bakterii może przetwarzać „pożywienie” różnymi szlakami metabolicznymi. Przykładowo w obecności tlenu usuwają materię organiczną poprzez tzw. oddychanie tlenowe, natomiast w przypadku braku tlenu potrafią przestawić swój metabolizm na znacznie mniej korzystną denityfikację. Organizmy zawsze „wybierają” proces, z którego w danych warunkach pozyskują najwięcej energii. Jednak w oczyszczalniach często potrzebujemy również bakterii, które przeprowadzają niewiele reakcji odżywczych i dlatego rosną powoli. Staramy się stworzyć im jak najlepsze warunki i rozpieszcząć. Typowym przykładem są organizmy nityfikacyjne, dla których budujemy zbiorniki regeneracyjne z nadmiarem tlenu, gdzie mogą „odpocząć” i „trawić” zmagazynowane substancje.

Organizmy osadu czynnego są naprawdę mikroskopijne, ich wielkość waha się od dziesiątek do jednostek mikrometrów. Dla porównania, jeden mikrometr to jedna milionowa metra. Te maleńkie organizmy mogą spożywać jedynie małe cząsteczki pożywienia. Jednak większość zanieczyszczeń w wodzie jest znacznie większa. Jak więc bakterie mogą trawić większe zanieczyszczenia? Aby to zrobić, bakterie używają specjalnych substancji chemicznych zwanych egzoenzymami. Enzymy to substancje przyspieszające lub spowalniające reakcje chemiczne. W przypadku bakterii osadu czynnego pomagają im proces zwany hydrolizą. Przedrostek „exo” oznacza, że enzymy te są uwalniane przez bakterie z organizmu do środowiska. Przypomina to pająka wstrzykującego soki trawienne muchie złapaną w jego sieć. Zamiast muchy w pajęczynie, w tym przypadku mamy ścieki w zbiorniku. Długie cząsteczki zanieczyszczeń są dzielone na mniejsze cząsteczki za pomocą

egzoenzymów. Są one już wystarczająco małe, aby bakterie mogły je przyjąć do swoich komórek i tam dalej przetwarzać i trawić.

Następnie bakterie nadal trafiają do osadników, gdzie należy je oddzielić od oczyszczonej wody. Bakterie w płatkach (lub w swoich „miastach”) powoli opadają na dno zbiornika. Musimy ponownie wprowadzić większość bakterii do procesu, aby oczyścić nowo napływające ścieki. Jest to proces ciągły i nie możemy sobie pozwolić na czekanie, aż wyrośnie nowa, pełnoprawna kultura mikroorganizmów. A ponieważ mikroorganizmy namnażają się bardzo szybko, część z nich jest usuwana z procesu ze względu na „nadmiarowość” i pompowana do układu zagospodarowania osadu w celu dalszego przetworzenia.

W górnej części osadnika oczyszczana jest woda, która rozlewa się po krawędziach lub do zanurzonej rury spustowej i splywa z oczyszczalni z powrotem do natury (np. do cieku wodnego).

Dociekliwy: Mówienie o osadzie czynnym wyłącznie o bakteriach jest rażącym uproszczeniem. W rzeczywistości osad czynny to cały mikrokosmos z niezliczoną liczbą różnych rodzajów bakterii, które w nim dominują, ale oprócz nich w osadzie czynnym znajdują się także mikroorganizmy wyższe, takie jak różne pierwotniaki, metamorfy, orzęski, robaki, wrotki czy roztocza, a także, w odpowiednich warunkach i w określonych miejscach, także organizmy fotosyntetyzujące, takie jak glony.



Wskazówka dotycząca interpretacji: W tym miejscu warto ostrzec gości, że ta woda nie nadaje się do picia! I wypada wyjaśnić dlaczego.

? Pytanie: Czy woda wypływająca z oczyszczalni ścieków nadaje się do picia?

💡 Odpowiedź: Oczyszczona w ten sposób woda jest na tyle czysta, że nie zanieczyszcza strumienia zwiększoną ilością substancji organicznych, azotu i fosforu, ale nie nadaje się do picia! Przypomina to picie wody bezpośrednio z rzeki lub kałuży. Z wody tej należy usunąć bakterie, które mogą powodować problemy trawienne.

? Pytanie: Gdzie produkowana jest woda pitna?

💡 Odpowiedź: W stacji uzdatniania wody pitnej. To kolejne urządzenie, w którym woda pitna produkowana jest z wody pochodzenia naturalnego.

2.4.4 Jakość i kontrola ścieków



Wskazówka do interpretacji: Można tu wspomnieć, do jakiego cieku wpływa oczyszczona woda i jaka jest np. jej klasa jakości oraz czy przepływ w nurcie jest wystarczający.

Jeśli masz dostęp do mobilnych narzędzi analitycznych (sonda pH, testy kropelkowe,...), możesz poprosić gości o sprawdzenie jakości ścieków.

? Pytanie: Jak sprawdzić, czy oczyszczone ścieki są w porządku?

💡 Odpowiedź: Jakość spływu ocenia się na różne sposoby. Najłatwiej jest wykorzystać zmysły (wzrok, węch) – doświadczeni pracownicy pamiętają, jak normalnie „wygląda” odpływ, jeśli coś się zmieni (kolor, przezroczystość, ilość płatków, zapach), szukają przyczyny. Kolejną pomocą są sondy i analizatory online (na przykład mierzące amoniak, azotany, zmętnienie, fosforany,...), ale są one bardzo drogie (ponad dziesiątki do setek tysięcy CZK za sztukę), dlatego stosuje się je w naprawdę dużych oczyszczalniach. Można także stosować sondy przenośne i „testy kropelkowe”, w których kolor porównywany jest ze skalą barw. Najdokładniejsze jest oznaczanie substancji w laboratorium.

? Pytanie: Jaką jakość powinny mieć oczyszczone ścieki?

💡 Odpowiedź: Jakość ścieków z oczyszczalni podlega regulacjom prawnym. Przepisy czeskie odpowiadają ustawodawstwu Unii Europejskiej. Limity ustalane są zarówno dla limitów poszczególnych związków, jak i dla efektywności usuwania poszczególnych substancji na oczyszczalni ścieków. Poziom limitów jest stopniowany w zależności od wielkości oczyszczalni, im większa oczyszczalnia, tym bardziej rygorystyczne limity. Dokładne limity dla oczyszczalni określa organ odpowiedzialny za gospodarkę wodną, a każda oczyszczalnia może mieć nieco inne limity. Jakość wypływającej oczyszczonej wody podlega niezależnym kontrolom przeprowadzanym przez władze, na przykład Czeską Inspekcję Ochrony Środowiska, władze wodne itp. W przypadku przekroczenia limitów operatorzy oczyszczalni płacą kary.

W celu pomiaru ilości ścieków oczyszczonych na wylocie z oczyszczalni instaluje się pomiary przepływu wody oczyszczonej. Najczęściej do pomiaru przepływu wody stosuje się koryto Parshalla z czujnikiem poziomym.

W niektórych ciekach wodnych (rzeki, strumienie) dużą część przepływającej wody stanowią ścieki z oczyszczalni. Zdarzają się również przypadki, gdy jakość ścieków z oczyszczalni jest wyższa niż jakość wody w drogach wodnych. Modyfikacji ulegają limity ustalone przez organ odpowiedzialny za gospodarkę wodną w zakresie korzystania z wód dolnych (rekreacja lub pobór wody pitnej).

ZŠ: Nie obciążajcie tych uczniów szczegółami przepisów prawnych, wystarczy powiedzieć, że oczyszczona woda musi spełniać określone parametry stężenia węgla, azotu i fosforu, zanim wpłynie do rzeki, a duża ilość substancji nierozpuszczonych nie może w niej pływać.

Szkola średnia: Możemy wyjaśnić tym uczniom bardziej szczegółowo, jak działa pobieranie próbek i pomiar przepływu wody.

Dociekliwy: Jeśli ktoś jest bardzo zainteresowany ustaleniem limitów zrzutu ścieków, może go skierować do Dekretu nr 401/2015 Dz. Ciekawostką w legislacji jest wprowadzenie dwóch limitów „m” i „p”. Symbol „m” oznacza maksymalną nieprzekrozoną granicę, a symbol „p” oznacza dopuszczalną granicę, która w określonej ilości próbek odpływowych może zostać przekroczona w dopuszczalnym zakresie.

? Pytanie: Jakie są możliwości dalszego oczyszczania, aby woda była jeszcze czystsza?

💡 Odpowiedź: W niektórych przypadkach woda jest uzdatniana w drodze tzw. oczyszczania trzeciego stopnia (oczyszczanie mechaniczne i biologiczne można nazwać pierwotnym i wtórnym), które obejmuje już specjalistyczne metody mające na celu dostosowanie określonych wskaźników jakości wody, charakterystycznych lub istotnych dla danej uzdatnionej wody lub odbiorcy.

W oczyszczalniach ścieków coraz częściej stosuje się oczyszczanie trzeciorzędowe, ze względu na stopniowo zaostrzające się limity, których nie można dotrzymać stosując wyłącznie oczyszczanie pierwotne i wtórne.

Trzeciorzędowe metody czyszczenia obejmują dezynfekcję, technologie membranowe, chemiczne wytrącanie fosforu lub filtrację przez warstwę węgla aktywnego. Innymi słowy są to metody wodociągowe.

ZŚ: Jeżeli w Państwa oczyszczalni nie ma żadnej technologii oczyszczania trzeciego stopnia, to wystarczy na koniec budowy kanalizacji stwierdzić, że wymagania dotyczące oczyszczonych ścieków będą stopniowo rosły i dlatego na oczyszczalni pojawią się inne technologie.

Ciekawostka: W 2024 roku zostanie opublikowana nowa dyrektywa Unii Europejskiej dotycząca oczyszczania ścieków, która radykalnie zaostry limity zawartości składników odżywczych w odprowadzanych ściekach.

2.4.5 Przyszłość sprzątnia

? Pytanie: Jak będzie wyglądać oczyszczanie ścieków w nadchodzących latach i dekadach?

💡 Odpowiedź: W niektórych oczyszczalniach na świecie istnieje już oczyszczanie trzecio- i czwartorzędowe, czyli kolejny stopień oczyszczania, gdy oczyszczalnię opuszcza wysokiej jakości woda. Jednak woda ta nie trafia już tylko do dróg wodnych. Ze względu na wysoką jakość możliwy jest jego recykling (ponowne wykorzystanie).

? Pytanie: Do czego można wykorzystać wodę pochodzącą z recyklingu?

💡 Odpowiedź: Niektóre z możliwych zastosowań wody pochodzącej z recyklingu obejmują:

- nawadnianie i rolnictwo – nawadnianie ogrodów, zieleni miejskiej, pól golfowych i terenów rolniczych
- zastosowania przemysłowe – zastosowanie w różnych procesach przemysłowych takich jak chłodzenie czy mycie
- architektura krajobrazu – sztuczna infiltracja lub wypełnianie jezior i fontann

W przyszłości będzie istniała duża presja na jakość odprowadzanych ścieków, nie tylko z punktu widzenia składników odżywczych, ale także mikrozanieczyszczeń, takich jak pozostałości leków, geny oporności na antybiotyki, mikroplastiki, pestycydy itp.

Na całym świecie oznaczenie oczyszczalni ścieków (w języku angielskim) zmienia się już w luźnym tłumaczeniu na zakład odzyskiwania wody, czyli miejsce, w którym odzyskujemy wodę.

Jest ciekawy: w związku ze ściekami często mówi się o tak zwanych mikrozanieczyszczeniach. To szerokie pojęcie, które obejmuje substancje takie jak pozostałości leków, hormony, mikroplastiki, pestycydy, substancje pochodzące z produktów higieny osobistej, niektóre substancje stosowane w przemyśle. To szeroka grupa substancji występujących w ściekach w bardzo niskich stężeniach. Stopień ich usunięcia w oczyszczalniach jest różny, zawsze zależy od konkretnej substancji. Ich usuwanie komplikuje także fakt, że ich stężenia w ściekach są bardzo niskie. Dla ich skuteczniejszej eliminacji w

przyszłości konieczne będzie uzupełnienie technologii oczyszczalni o specjalistyczne etapy, takie jak zaawansowane utlenianie chemiczne, sorpcja na węglu aktywnym i tym podobne.

2.5 Historia substancji i energii pozyskiwanej ze ścieków



Wskazówka dotycząca interpretacji: Opowiadając tę sekcję, musisz naprawdę podekscytować uczestników, ponieważ w społeczeństwie nadal panuje duże piętno na temat oczyszczania ścieków. Ludzie rozumieją potrzebę oczyszczania ścieków, ale traktują to jedynie jako konieczność. Można przedstawić uczestnikom nowe spojrzenie na tę stronę zagadnienia – na oczyszczalniach możemy pozyskać cenne substancje podczas oczyszczania ścieków m.in. Osad czynny jest uważany za odpad, ale można go również postrzegać jako cenny surowiec! Sam osad ma doskonałe właściwości nawozowe, stopniowo uwalnia składniki odżywcze, a także pomaga w zatrzymywaniu wody w glebie. Poprzez dalszą obróbkę osadu możemy pozyskać energię (np. poprzez przeróbkę biogazu) oraz zawarte w osadzie pierwiastki – głównie związki fosforu i azotu.

Ścieki zawierają niesamowicie dużą ilość różnych substancji i energii. Na przykład, jeśli spojrzymy na trawienie człowieka, duża część substancji z żywności przedostaje się do ścieków, ponieważ nasze trawienie nie jest całkowicie doskonałe i nie możemy w pełni wykorzystać wszystkich substancji.

ZŚ: Podsumuj jedynie substancje, które można uzyskać ze ścieków i skoncentruj się na wykorzystaniu osadów na gruntach rolnych lub spalaniu.

Szkoła średnia: Starsi uczniowie mogą bardziej szczegółowo poznać stabilizację beztlenową i wytrącanie fosforu.

Ciekawostka: Opisz szczegółowo różne rodzaje spalania (piroliza, zgazowanie), jakie powstają tutaj produkty i wspomnij o biowęglu jako substancji perspektywicznej. W tej grupie znalazła się także tematyka rafinacji biogazu na biometan. Warto wspomnieć, że niektóre oczyszczalnie w Europie (nawet w Czechach) są już samowystarczalne energetycznie, a nawet wytwarzają więcej energii niż zużywają, dzięki wystarczającej produkcji biogazu.

? Pytanie: Jakie substancje możemy uzyskać ze ścieków?

💡 Odpowiedź: Zestawienie substancji, które jesteśmy w stanie pozyskać ze ścieków:

- Substancje organiczne, N, P,....
- Osad
- Energia
- Inne - tłuszczy, celuloza
- Żwiry, piasek

Ciekawostka: W przeszłości odchody wykorzystywano głównie w rolnictwie jako nawóz. Mocz był używany jako środek czyszczący, starożytni Rzymianie używali go do wybielania zębów. Tkaniny przed barwieniem nasączano moczem, aby kolor był trwalszy. Mocz był także ważnym surowcem do produkcji prochu. Odchodami leczono skórę, garbarze mieli w pubach tzw. pisuary do zbierania moczu.

? Pytanie: Jakie substancje oddzielane są od wody podczas mechanicznego oczyszczania wody?

💡 Odpowiedź: W części mechanicznej oczyszczalni ścieków pozyskujemy ze ścieków żużel, piasek, żwir, oleje i tłuszcze. Żużel jest niehigieniczny, dlatego trafia na składowiska lub spalany w spalarniach. Jeden mieszkaniec produkuje średnio 5-15 litrów odpadów rocznie. Piasek i żwir również nie są higieniczne, ale po obróbce można je wykorzystać np. w budownictwie. Do stabilizacji beztlenowej wykorzystuje się oleje i tłuszcze, z których następnie wytwarza się biogaz, który można wykorzystać do celów energetycznych.

? Pytanie: W jaki sposób usuwane są składniki odżywcze ze ścieków?

💡 Odpowiedź: Do usunięcia tych pierwiastków wykorzystuje się kilka procesów biologicznych, które zachodzą w zbiorniku aktywacyjnym oczyszczalni.

Usuwanie węgla

- Utlenianie substancji organicznych pod wpływem mikroorganizmów w obecności tlenu do dwutlenku węgla i wody. Dwutlenek węgla to nieszkodliwy gaz przedostający się do atmosfery.

Usuwanie azotu – nityfikacja i denityfikacja

- Azot przedostaje się do ścieków głównie z moczu.
- Azot usuwany jest w dwóch procesach: nityfikacji i denityfikacji.
- Podczas nityfikacji bakterie nityfikacyjne utleniają jon amonowy poprzez azotyny do azotanów. Podczas tego procesu zbiorniki wymagają intensywnego napowietrzenia, gdyż podczas tego procesu zużywana jest duża ilość tlenu. Napowietrzanie jest wymagające energetycznie, a co za tym idzie również finansowe. Napowietrzanie odbywa się za pomocą dmuchaw i elementów napowietrzających, które umieszczone są na dnie zbiornika. Dmuchawa wdmuchuje powietrze do tych elementów. Następnie z elementów wydobywają się drobne pęcherzyki.
- Podczas denityfikacji azotany przekształcają się w azot gazowy. W końcu azot (nieszkodliwy gaz stanowiący około 78% atmosfery) znika z naszej wody i przedostaje się do naszej atmosfery. Podczas denityfikacji zużywany jest także węgiel organiczny ze ścieków.
- Jeżeli w ściekach brakuje węgla organicznego, konieczne jest doprowadzenie do zbiorników substratu zewnętrznego (najczęściej metanolu) - bakterie wykorzystują wówczas substrat zewnętrzny do metabolizowania azotanów do azotu gazowego.
- Ze względu na wystarczającą ilość węgla organicznego zwykle znajduje się zbiornik, w którym przed nityfikacją odbywa się denityfikacja. Następnie pomiędzy zbiornikami odbywa się wewnętrzny recykling, w którym część ścieków z nityfikacji jest pompowana z powrotem do denityfikacji, tak że azotany powstałe w procesie nityfikacji są transportowane do denityfikacji, gdzie warunki są odpowiednie do ich usunięcia. Uwaga: ta sekcja może się znacznie różnić w zależności od konkretnej pralni chemicznej. Dostosuj interpretację do swojej technologii, a zwłaszcza do odbiorców. Szczegółowy opis usuwania azotu może być bardzo zagmatwany i skomplikowany dla szkół podstawowych, ale często także średnich.

Usuwanie fosforu – wytrącanie chemiczne lub wzmożone usuwanie fosforu biologicznego

- Fosfor przedostaje się do ścieków z odchodów, z pralni przemysłowych (dopuszcza się stosowanie detergentów fosforanowych), z tabletek w zmywarkach.
- Fosfor można usunąć z wody poprzez chemiczne wytrącanie lub wzmożone biologiczne usuwanie fosforu za pomocą specjalnych bakterii akumulujących fosfor.

? Pytanie: Czy podczas usuwania składników odżywczych powstają gazy cieplarniane?

💡 Odpowiedź: Podczas aktywacji powstają gazy cieplarniane: dwutlenek węgla (produkt usuwania węgla organicznego), podtlenek azotu (powstający podczas nityfikacji) oraz, w niektórych miejscach o wyjątkowo niskim stężeniu tlenu, metan. Podtlenek azotu i metan mają znacznie większy efekt cieplarniany niż dwutlenek węgla. Inne gazy cieplarniane powstają podczas produkcji energii elektrycznej, która napędza maszyny w oczyszczalni.

? Pytanie: Czym jest osad z punktu widzenia gospodarki osadowej?

💡 Odpowiedź: Osad jest produktem odpadowym oczyszczania ścieków, który stanowi 1-2% objętości oczyszczonej wody, ale koncentruje się w nim 50-80% pierwotnych zanieczyszczeń zawartych w dopływie do oczyszczalni ścieków. Obróbka i przetwarzanie osadów ma na celu minimalizację negatywnego wpływu na środowisko i zdrowie ludzi. Z osadami radzimy sobie na różne sposoby, które zależą od wielkości oczyszczalni.

Na oczyszczalni ścieków odbieramy osad z dwóch zbiorników. W pierwszej kolejności usuwamy osad z osadnika, który nazywany jest osadem pierwotnym. Następnie usuwamy osad z osadnika, który nazywamy wtórnym lub nadmiarem. Mieszaną osadu pierwotnego i wtórnego nazywa się osadem surowym.

ZŠ: Jeśli Ty i uczestnicy przejście od kanalizacji do gospodarki osadami, warto jeszcze raz w uproszczony sposób przypomnieć im, czym jest osad i skąd się bierze.

SŠ: Idealnie jest rozpocząć z tą grupą studentów debatę na początku gospodarki osadami na temat tego, jakie substancje znajdują się w osadach i co może się z nimi stać, próbując dotrzeć do substancji innych niż tylko zanieczyszczenia organiczne. Osady zawierają mieszaninę substancji organicznych i nieorganicznych, wodę oraz różne substancje toksyczne, takie jak metale ciężkie, pestycydy, pozostałości leków czy mikroorganizmy chorobotwórcze i inne.

Ciekawostka: Koszt dopuszczalnego oczyszczania osadów odpowiada około 50% kosztów operacyjnych oczyszczania ścieków. Nie optać się gospodarować osadami w mniejszych oczyszczalniach.

? Pytanie: Jak przetwarzane są osady w małych oczyszczalniach?

💡 Odpowiedź: W małych oczyszczalniach nie zachodzi stabilizacja beztlenowa ze względu na niewystarczającą produkcję biogazu. Oznacza to, że osad jest zwykle stabilizowany tlenowo lub odwadniany, albo ciecz transportowana do większej oczyszczalni. Podczas stabilizacji tlenowej osad pozostaje przez dłuższy czas w zbiorniku aktywacyjnym lub jest pompowany do napowietrzonej studzienki osadowej. Po odwodnieniu osad można transportować do większej oczyszczalni, gdzie następnie kierowany jest do zbiorników fermentacyjnych.

? Pytanie: W jaki sposób przetwarzane są osady w większych oczyszczalniach, które zarządzają osadami?

💡 Odpowiedź: W średnich i dużych oczyszczalniach najczęściej stosuje się beztlenową stabilizację osadów (lub fermentację beztlenową). Duża część zanieczyszczeń pierwotnych zawartych w dopływających ściekach

koncentruje się w osadach. W większych oczyszczalniach część tych zanieczyszczeń przekształcana jest w biogaz w zbiornikach fermentacyjnych (poprzez stabilizację beztlenową).

Podczas stabilizacji beztlenowej osad gromadzony jest w zbiornikach, w których dostęp tlenu jest ograniczony (=środowisko beztlenowe). W zbiornikach tych substancje zawarte w osadzie ulegają rozkładowi przy pomocy specjalnych bakterii (bakterii metanogennych) w celu wytworzenia biogazu. W zależności od temperatury panującej w zbiornikach rozróżniamy fermentację mezofilną (35°C) i termofilną (55°C).

Po przejściu osadu przez komorę fermentacyjną staje się osadem ustabilizowanym, co oznacza, że nie powinien już zachodzić w nim intensywny, samorzutny rozkład. W fermentacji beztlenowej około połowa suchej masy osadu przekształca się w biogaz.

SŚ: *Proces fermentacji nazywany jest także stabilizacją beztlenową. Bakterie zawarte w osadzie stopniowo metabolizują substancje organiczne do cukrów prostych i alkoholi, a następnie do dwutlenku węgla, wodoru i metanu. Powstała w tym procesie mieszanina gazów nazywana jest biogazem i składa się głównie z dwutlenku węgla i metanu (ok. 60-80%). Urządzenie, w którym biogaz zamienia się na ciepło i energię elektryczną, nazywa się jednostką kogeneracyjną. Biogaz wykorzystywany jest do napędu silnika spalinowego lub turbiny. Spalanie biogazu wytwarza ciepło i jednocześnie zasila generator wytwarzający energię elektryczną.*

Dociekliwy: *Oprócz dwutlenku węgla i metanu w wyniku stabilizacji beztlenowej powstaje również amoniak (amoniak) i sulfan, które są silnie pachnącymi gazami.*

Ciekawostka: *Bakterie metanogenne to bardzo stara grupa bakterii pod względem rozwoju, pojawiły się 3,5 miliarda lat temu (wiek Ziemi to 4,5 miliarda lat). W tamtym czasie w atmosferze nie było tlenu, a atmosfera Ziemi przypominała obecną atmosferę Wenus. Dla porównania dinozaury pojawiły się 250 milionów lat temu, a człowiek 2,8 miliona lat temu. Jeżeli na osi znajdowało się 0 stworzenie Ziemi i 10 terażniejszość, wówczas metanogeny pojawiły się w punkcie 2,22, dinozaury w 9,44, a człowiek w 9,99).*

? **Pytanie:** Jak jest zastosowanie osadu ustabilizowanego?

💡 **Odpowiedź:** Zastosowanie osadu ustabilizowanego zależy od jego jakości. Osady te mogą być stosowane na gruntach rolnych ze względu na swoje właściwości nawozowe, gdyż zawierają dużą ilość materii organicznej, fosforu i azotu. Można go także stosować w kompostowniach. Inną metodą przetwarzania jest obróbka termiczna, która obejmuje spalanie, pirolizę lub zgazowanie. Podczas pirolizy powstaje gaz pirolityczny (gaz syntezowy), olej i pozostałość stała (biowęgiel). Obecnie biowęgiel wydaje się być bardzo obiecującą substancją, która m.in. zwiększa retencję wody w glebie.

Zagadnienie stosowania osadów ustabilizowanych na gruntach rolnych jest złożone, ponieważ z jednej strony wiemy, że osady są cennym nawozem, z drugiej jednak strony mogą być źródłem szeregu zanieczyszczeń, takich jak metale ciężkie, pozostałości leków, mikroorganizmy chorobotwórcze (np. Salmonella) oraz trwałe substancje organiczne. Dlatego też osady stosowane na gruntach rolnych z pewnością muszą odpowiadać przepisom prawa. Regulacje prawne monitorują nie tylko jakość osadów, ale także to, w jakiej ilości i gdzie

można je stosować. Technicznie rzecz biorąc, konieczne jest zatrudnienie rolników kontraktowych, którzy mają wystarczającą pojemność do przechowywania osadów, ponieważ gleba jest nawożona kilka razy w roku, ale produkcja osadów jest ciągła.

SŠ: Jeśli ty i uczniowie odbyliście debatę na temat substancji zawartych w osadzie, możesz spróbować zadać kolejne pytanie na ich temat. Co myślą – dokąd trafia osad posprzątny i gdzie można go dalej wykorzystać? Osady ustabilizowane wykorzystywane są w rolnictwie ze względu na wykorzystanie właściwości nawozowych zawartych w nich nieorganicznych i organicznych składników pokarmowych. Czy istnieje ryzyko stosowania osadów na polu? (tylko uproszczone)

Ciekawostka: Potencjalnym ryzykiem stosowania osadów ustabilizowanych na gruntach rolnych jest zawartość mikrozanieczyszczeń w osadach. Do mikrozanieczyszczeń zawartych w osadach zaliczają się mikroplastiki, pestycydy, substancje zaburzające funkcjonowanie układu hormonalnego i pozostałości leków. Pomimo niskiego stężenia substancje te mogą potencjalnie mieć negatywny wpływ na środowisko i zdrowie ludzi. Parametry prawne dotyczące wykorzystania osadów na gruntach rolnych obejmują kryteria mikrobiologiczne (*Salmonella*, *E. coli* i enterokoki) oraz limity zawartości metali ciężkich, polichlorowanych bifenyli i wielopierścieniowych substancji aromatycznych.

W osadzie można również znaleźć geny oporności na antybiotyki, które mogą następnie przenieść się na inne bakterie.

Do technologii, które można zastosować w oczyszczaniu osadów zalicza się także piroliza lub zgazowanie, podczas których z osadów produkowane jest paliwo. Np. w sąsiednich Niemczech najpowszechniejszym sposobem postępowania z osadami jest ich spalanie. Osady są albo spalane oddzielnie w specjalistycznej spalarni, albo mieszane z innymi materiałami i spalane razem, np. w piecu. w spalarni śmieci, elektrowni/ciepłowni lub piecu cementowym.

W osadach magazynowana jest duża ilość fosforu, który można z osadów pozyskać termicznie (odzysk fosforu z popiołów po spalaniu osadu) lub chemicznie (strącanie).

? Pytanie: W jaki sposób wykorzystuje się powstały biogaz?

💡 Odpowiedź: Biogaz spalany jest w jednostce kogeneracyjnej, która produkuje z niego ciepło i prąd. Ciepło jest wykorzystywane z powrotem do ogrzewania zbiorników fermentacyjnych. Wytworzona energia elektryczna wykorzystywana jest w oczyszczalni m.in. do uruchamiania pomp lub napowietrzania zbiornika aktywacyjnego.

Inną możliwością wykorzystania biogazu jest jego rafinacja na biometan. Biometan ma właściwości zbliżone do gazu ziemnego i może być pompowany do sieci gazociągów.

2.6 Historia ludzi dbających o sieć kanalizacyjną i pracujących w oczyszczalni ścieków



Wskazówka dotycząca interpretacji: Większość ludzi nie ma pojęcia, jak trudne jest usuwanie i oczyszczanie ścieków oraz ile osób na różnych stanowiskach jest zaangażowanych w ten proces.

Z tego powodu proponujemy wzbogacić wycieczkę o wzmiankę o osobach pracujących w kanalizacji lub na oczyszczalni w odpowiednich miejscach. Zwiększając wiedzę na temat tych stanowisk, można zwiększyć poziom postrzegania znaczenia tych zawodów, a także zainteresowanie ich studiowaniem. Można tu wspomnieć, jak będzie rosnąć zapotrzebowanie na te zawody, a także jak zmieni się np. zakres pracy poszczególnych pracowników (np. kalkulacja śladu węglowego, cyfrowy bliźniak oczyszczalni ścieków czy raportowanie ESG).

Usuwanie i oczyszczanie ścieków to proces ciągły, którego nie można po prostu zatrzymać. Aby wszystko działało i cały proces się nie zatrzymał, kosztuje to mnóstwo wysiłku i pracy wielu ludzi różnych zawodów. Poszczególne zawody następują po sobie i jeden bez drugiego nie może funkcjonować. Sieć kanalizacyjną i oczyszczalnię ścieków postrzegamy jako jedną dobrze naoliwioną maszynę.

Sieć kanalizacyjną należy regularnie sprawdzać, a w przypadku nieprawidłowego działania lub zatkania brudem należy ją naprawić lub oczyścić. Badanie sieci kanalizacyjnej przeprowadza technik gospodarki wodnej specjalizujący się w diagnostyce sieci za pomocą systemu kamer umieszczanych na początku kontrolowanej lokalizacji, a kamery prowadzone są po rurociągu za pomocą pilota. W przypadku stwierdzenia zaburzeń drożności rury stosuje się czyszczenie dyszą i odpompowanie materiału myjką wysokociśnieniową. Ostatnio pojawiły się nawet drony, które automatycznie przelatują przez kanał i dokonują niezbędnych pomiarów. Naprawami i czyszczeniem zajmują się monterzy obsługujący oraz operatorzy specjalnego samochodu do czyszczenia kanalizacji.

Na oczyszczalni ścieków pracuje szereg urządzeń, których eksploatacją bezpośrednio kierują inżynierowie urządzeń gospodarki wodnej. Pracownicy ci czuwają nad pracą maszyn i urządzeń technologicznych, dbają o ich pełną funkcjonalność oraz regularne przeglądy. Konserwację i naprawy urządzeń elektrycznych wykonują elektrycy-pracownicy. Praca oczyszczalni ścieków ma charakter ciągły, dlatego niezbędny jest stały nadzór nad procesami zachodzącymi na oczyszczalni, który zapewniają dyspozytorzy (kontrolerzy). Dyspozytorzy obserwują na monitorach wyniki pracy oraz wykorzystują system sterowania do sterowania pracą oczyszczalni ścieków. Dyspozytorzy pracują w systemie zmianowym, aby zapewnić całodobowy nadzór nad oczyszczalnią.

Jakość ścieków i różne produkty procesu oczyszczania ścieków są monitorowane w laboratorium. Pracownicy laboratorium opracowują próbki i wykonują analizy chemiczne, mikrobiologiczne i hydrobiologiczne. Próbki pobierane są i transportowane do laboratorium za pomocą próbników.

Technolog odpowiada za prawidłowe funkcjonowanie oczyszczalni ścieków i jakość wyptywających oczyszczonych ścieków. Na podstawie wyników analiz laboratoryjnych, wartości z sond, analizatorów i przepływomierzy na oczyszczalni ocenia proces oczyszczania i dostosowuje ustawienia poszczególnych urządzeń, aby zapewnić płynną pracę i dobrą jakość przepływającej wody.

System kontroli jest sprawdzany i rozwijany przez ekspertów IT. Ciekawym sektorem jest także tworzenie tzw. cyfrowych bliźniaków oczyszczalni ścieków z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania, które znajduje zastosowanie np. przy testowaniu różnych nietypowych sytuacji czy optymalizacji działań.

W ostatnim czasie wzrosło zainteresowanie monitorowaniem śladu węglowego i innych parametrów związanych z wpływem urządzeń na środowisko, a co za tym idzie zapotrzebowanie na tych ekspertów w dziedzinie gospodarki wodnej.

Z wymienionej powyżej listy zawodów wynika, że zarówno pracownik posiadający świadectwo ukończenia szkolenia, jak i wykształcenie wyższe, może znaleźć zatrudnienie w oczyszczalni ścieków.

Szkoła podstawowa: Wystarczy podsumować zawody i spróbować przypisać je do czotgów i maszyn, na których wykonywana jest ich praca, tak aby mieli jak najwięcej pojęcia o danym zawodzie.

Szkoła średnia: Dla starszych uczniów istnieją możliwości podjęcia studiów na stanowisko technologa wody – uniwersytety o specjalności wodnej (VŠCHT, BUT, VŠB).

Inkwizytorzy: Tutaj to od Was zależy, czy przyniesiecie różne przedmioty, z którymi pracują te profesje: pudełka na próbki, przyrządy, cylinder miarowy do indeksu osadu, kamerę itp.

2.7 Ceny wody

Cena wody jest częstym tematem w mediach i dyskusjach publicznych, ale niewiele osób tak naprawdę wie, jak obliczana jest całkowita cena wody i ile wysiłku faktycznie kosztuje wyprodukowanie wody pitnej i oczyszczanie ścieków. Często ludzie wyobrażają sobie, że wodę pitną można brać prosto ze źródła, która jest darmowa, i wtedy pojawiają się dyskusje o tym, że przedsiębiorstwa zajmujące się gospodarką wodną zarabiają ogromne pieniądze na tym, co faktycznie jest darmowe w przyrodzie. To nie tak! Dlatego tak ważne jest zapoznanie dzieci z tym, jak kształtuje się cena wody, z czego się składa i jak wymagające finansowo są procesy wytwarzania wody pitnej i oczyszczania ścieków.

Na cenę całkowitą wody składają się dwie pozycje, które nazywane są wodą i ściekami. Opłata wodna to opłata za wytworzenie wody pitnej i jej dostarczenie do naszego domu (konsumenta). Ścieki to opłata za pobranie ścieków ze źródła (np. z gospodarstwa domowego) i ich późniejsze oczyszczenie.

Cena wody jest regulowana, tj. ustalana według zasad ustalonych przez Ministerstwo Finansów Republiki Czeskiej. Zasady te określają, z jakich elementów może, a z jakich nie może składać się cena ostateczna oraz jaki zysk mogą zachować przedsiębiorstwa wodociągowe. Cena wody jest aktualizowana co roku. Decydujący głos w kształtowaniu ceny ma właściciel infrastruktury wodno-kanalizacyjnej.

Cena wody = autoryzowane koszty + rozsądny zysk + opłaty państwowe

- koszty kwalifikowalne (przykłady):
 - o nabycie/wynajem, rewitalizacja i modernizacja mienia wodno-kanalizacyjnego
 - o zużycie energii elektrycznej, środków chemicznych, kontrola jakości wody (prace laboratoryjne) itp.
 - o koszty konserwacji i napraw
 - o wynagrodzenia pracowników zapewniających operacje, obsługę klientów (kontraktowanie, fakturowanie, reklamacje)
- rozsądny zysk
 - o regulowane przez Ministerstwo Finansów Republiki Czeskiej
 - o maks. 7% zainwestowanego kapitału
- daniny państwowe
 - o KADŽ
 - o opłaty za odprowadzanie ścieków
 - o opłaty za pobór wody surowej, z której następnie wytwarzana jest woda pitna

ZŠ: Wystarczy wyjaśnić pojęcia woda i ścieki. I porównaj cenę jednego litra wody z kranu z innymi cenami, np.: woda butelkowana, coca cola, słodycze itp. Aby lepiej zobrazować, ile to jest 1m³ wody, warto powiedzieć, że to tyle samo, co 500 dwulitrowych butelek.

SŠ: Porównaj cenę wody z innymi wydatkami – na przykład z ceną prądu, Netflixem, miesięcznym rachunkiem telefonicznym itp.

Dociekliwy: Aby dokładniej opisać, z czego składa się cena wody - poszczególnych pozycji, które się tam znajdują.

? Pytanie: Jaka była średnia cena wody w Czechach w 2024 roku?

💡 **Odpowiedź:** W 2024 roku średnia cena wody (ścieki + woda) wynosiła 125 CZK za m³. Średnia cena wody wynosiła 63 CZK za m³, a średnia cena ścieków 59 CZK za m³.

Dla lepszego zrozumienia przedstawiamy również przeliczenie ceny za litr wody. Średnia łączna cena wody wyniosła 0,125 CZK za litr, z czego średnia cena wody wyniosła 0,063 CZK za litr, a średnia cena ścieków 0,059 CZK za litr.

? **Pytanie:** Czy woda z kranu jest droga?

💡 **Odpowiedź:** Najlepszą odpowiedzią na to pytanie jest porównanie zużycia wody przez jedną osobę z jej pozostałymi wydatkami oraz cenami wody i ścieków na danym terenie. Dla przykładu przedstawiamy porównanie ze średnią ceną wody w Czechach z 2024 roku.

Średnie zużycie wody z kranu na osobę w Czechach wynosi około 90 litrów dziennie.

Cennik:

Okres	Liczba ścieków (1 osoba) litrów	Cena wody pitnej	Cena za oczyszczanie wody	Całkowita cena
1 dzień	90 l	5,67 CZK	5,31 CZK	10,98 CZK
1 miesiąc	2700 l	170,1 CZK	159,3 CZK	329,4 CZK
1 rok	32 850 l	2.069,55 CZK	1.938,15 CZK	4.007,7 CZK

Okres	Liczba litrów ścieków (4 osoby)	Cena za oczyszczanie wody
1 dzień	360 l	21,24 CZK
1 miesiąc	10 800 l	637,2 CZK
1 rok	131 400 l	7.752,6 CZK

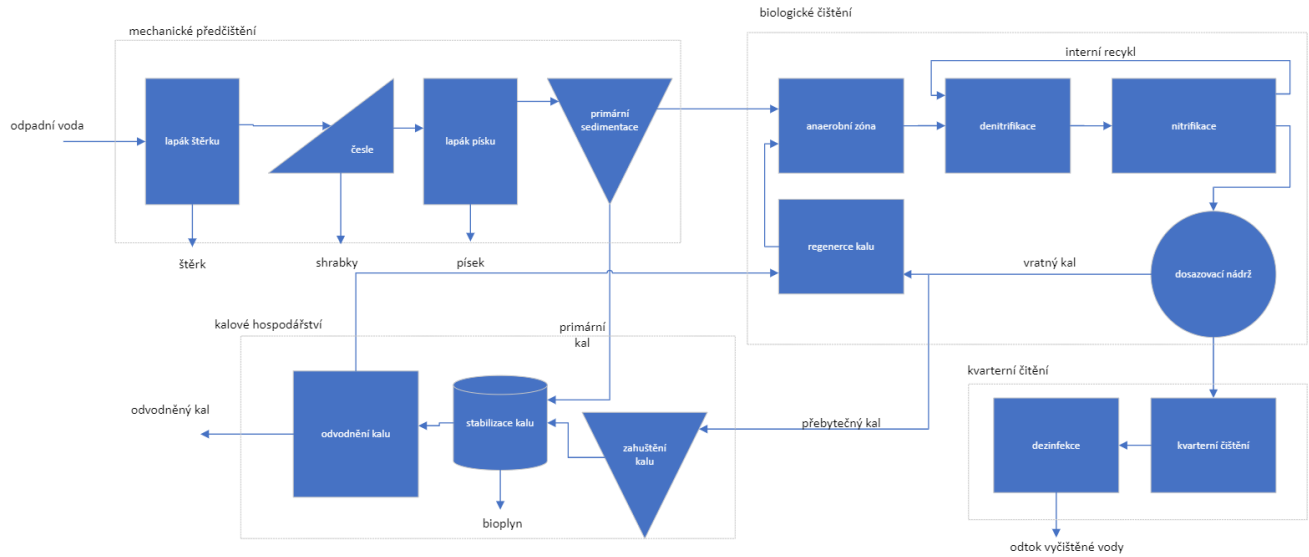
? **Pytanie:** Czy cena wody spadnie, jeśli wszyscy zaczniemy oszczędzać wodę?

💡 **Odpowiedź:** Nie, spadek zużycia wody prowadzi do wzrostu ceny za litr, ponieważ duża część kosztów w branży wodno-kanalizacyjnej ma charakter stały. Na przykład nie ma znaczenia, czy przez istniejący rurociąg przepływa mniej czy więcej wody, jego konserwacja, naprawa i serwis nadal będą potrzebne.

3 Opis technologii oczyszczalni ścieków




Wskazówka interpretacyjna: W tym rozdziale znajdziesz podstawowe informacje o technologiach, fakty i ciekawostki. Wykorzystaj ten rozdział jako katalog, z którego możesz wybrać informacje na temat technologii, które posiadasz w swojej oczyszczalni.



3.1 Czyszczenie mechaniczne

Przede wszystkim OŚ musi usunąć nierozpuszczony materiał, który mógłby zatkać pompy, osadzić się w zbiornikach lub zniszczyć inny sprzęt (ścieranie).

Pułapka żwirowa		
	Znaczenie	Wychwytywanie dużych obiektów, które mogą osiąść na dnie (osad).
	Zasada	Zbiornik, w którym przepływ ścieków ulega spowolnieniu i w ten sposób sedimentuje materiał. Następnie zebrany materiał należy wydobyć z dna i załadować do pojemnika, który wywożony jest z oczyszczalni ścieków, zwykle na składowisko.
	Przechwycony materiał	Żwir, kamienie.

Dłuto		
	Znaczenie	Usuwanie większych pływających śmieci.
	Zasada	Urządzenie przypominające sito, przez które filtrowana jest woda. Materiał złapany w tę sieć nazywa się grabiami. Wychwycony materiał jest następnie usuwany z plastrów (ręcznie lub automatycznie) i ładowany do kontenera, w którym zwykle wywożony jest na składowisko.
	Przechwycony materiał	= grabie gałęzie, szmaty, opakowania, resztki jedzenia, owoce i warzywa, konserwy, podpaski, tampony, chusteczki nawilżane... portfel, dokumenty martwe szczury, pieniądze, biżuteria, ubrania, klucze, poduszki, skórki od bananów

ZŚ: W tym miejscu wypada zwrócić uwagę na to, co nie powinno trafiać do kanalizacji i wyjaśnić dlaczego. Zwykle część z nich wyptywa na powierzchnię i problem można bezpośrednio wskazać.

Dociekliwy: Skrawki to zazwyczaj najbardziej higieniczny materiał, jaki można spotkać w pralni chemicznej. Jednocześnie jest to materiał, który w ogóle nie powinien przedostawać się do kanalizacji.



Wskazówka interpretacyjna: Można przygotować małą „wystawę” ciekawych eksponatów na grzebieniach lub pokazać zdjęcia ciekawych rzeczy uchwyconych na grzebieniach.

Pułapka na piasek



Znaczenie

Oddzielenie piasku (materiału nieorganicznego) od zawiesiny organicznej, co ma znaczenie w dalszej części technologii oczyszczalni ścieków.

Zasada

Oddzielenie piasku od substancji organicznych zawieszonych odbywa się na podstawie ich różnej gęstości. Osadniki piasku różnią się tym, czy do separacji wykorzystuje się siłę grawitacji, czy siłę odśrodkową.

Przechwycony materiał

= piasek
 ciężkie substancje nieorganiczne – piasek, kawałki szkła, drobny żużel

? Pytanie: Dlaczego piaskownik jest napowietrzany, skoro piasek ma się w nim osadzać?

💡 Odpowiedź: Dzieje się tak na skutek wydzielenia zanieczyszczeń organicznych z piasku. Musimy jedynie usunąć piasek z osadnika. Substancje organiczne spowodowałyby gnienie pułapki i wydobytego piasku, ponadto są nam one potrzebne jako pożywienie dla bakterii w dalszym procesie.

Zbiorniki osadowe



Znaczenie

Sedymentacja nierozpuszczonych substancji pochodzenia organicznego i wycieranie pływających zanieczyszczeń z powierzchni.

Zasada


Osadnik działa na zasadzie grawitacji, gdy cięższe cząstki opadają na dno, a następnie są z niego zasysane do dalszej obróbki.

Przechwycony materiał

= **podstawowa kal**
 Materiał osadzający się na dnie osadników nazywany jest osadem pierwotnym. Osady te są bogate w substancje organiczne i wykorzystywane są w gospodarce osadami.

Ciekawostka: Zbiorniki sedymentacyjne mogą usunąć około 30% napływających zanieczyszczeń, a jednocześnie wychwytywany tutaj osad stanowi mniej więcej połowę całkowitej produkcji biogazu i energii elektrycznej.

3.2 Oczyszczanie biologiczne

Zbiornik aktywacyjny		
	Znaczenie	Biologiczne usuwanie węgla, azotu i fosforu – łącznie zwanych składnikami odżywczymi.
	Zasada	Zachodzi tu niezliczona ilość procesów biologicznych. Zanieczyszczenia zawarte w ściekach są metabolizowane przez bakterie w określonych warunkach, które są tak dobrane, aby wybrane szczepy bakterii przeżyły (i zwyciężyły) w zbiornikach. Grupa bakterii i mikroorganizmów metabolizujących zanieczyszczenia w ściekach nazywana jest osadem czynnym. W miarę jak mikroorganizmy konsumują zanieczyszczenia, rosną i rozmnażają się. Wynika z tego, że z biegiem czasu ilość osadu czynnego wzrasta i osad nadmierny musi być regularnie usuwany ze zbiornika aktywacyjnego.
	Przechwycony materiał	Żaden materiał nie jest tu bezpośrednio wychwytywany, ale następuje wzrost i rozmnażanie się bakterii osadu czynnego, na których mogą być sorbowane (wychwytywane) różnego rodzaju substancje. Bakterie dalej przekształcają substancje organiczne, azot i fosfor w formy, które są usuwane z wody.
<p>? Pytanie: Czy można pływać w zbiornikach aktywacyjnych?</p> <p>💡 Odpowiedź: W zbiornikach nie można pływać, mieszanina jest tak mocno napowietrzona, że ma zbyt małą gęstość do pływania. Gdyby ktoś próbował to zrobić, utonąłby. Dlatego zbiorniki należy zabezpieczyć przed upadkiem pracowników lub zastosować zabezpieczenia na linach itp.</p> <p>? Pytanie: Czy w zbiornikach panują inne warunki?</p> <p>💡 Odpowiedź: Warunki w poszczególnych zbiornikach znacznie się od siebie różnią.</p> <p><u>nitryfikacja – wysokie stężenie tlenu (strefa tlenowa)</u> <u>denitryfikacja – bez tlenu, ale z azotanami (strefa beztlenowa)</u> <u>usuwanie fosforu – bez dostępu tlenu i azotanów (strefa beztlenowa)</u></p>		

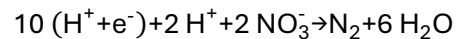
niektóre oczyszczalnie nie posiadają oddzielnych zbiorników przeznaczonych dla różnych warunków, ale w jednym zbiorniku warunki zmieniają się z biegiem czasu

ZŠ: W przypadku tych uczniów należy zadbać o to, aby proces był jak najbardziej przejrzysty. Przydałoby się mieć gotowe zdjęcia mikroorganizmów znajdujących się w osadzie czynnym, ale nie ma potrzeby podawać ich nazw. Można im także pokazać jak wygląda element napowietrzający (fizycznie, zdjęcie, zdjęcie opróżnionego zbiornika).

Możemy pokazać, że osad składa się z pojedynczych płatków, które można zobaczyć gołym okiem. Ponadto można powiedzieć, że płatki te tworzą mikroorganizmy, które żywią się zanieczyszczeniami.

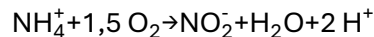
SŠ: Można tu bardziej szczegółowo omówić poszczególne procesy biologiczne usuwania składników odżywczych, przygotować reakcje nityfikacji i denityfikacji, bezpośrednio wspomnieć organizmy odpowiedzialne za te procesy. Należy wspomnieć, że w osadzie czynnym oprócz bakterii występują także pierwotniaki (nitkowate, mięczaki, kryptydy), metazoa (wrotki, nicienie, robaki) oraz w mniejszym stopniu pleśnie, grzyby i drożdżaki.

Denityfikacja:

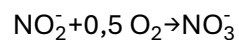


Nityfikacja (składa się z dwóch reakcji):

azotowanie – utlenianie azotu amonowego do azotu azotynowego




nitrowanie – utlenianie azotu azotynowego do azotu azotanowego



Dociekliwy: W niektórych oczyszczalniach osad czynny jest regularnie badany pod mikroskopem, aby sprawdzić, jakie bakterie i mikroorganizmy znajdują się w osadzie i z jaką częstotliwością. Funkcjonowanie poszczególnych procesów można ocenić na podstawie określonych gatunków i ogólnego składu organizmów.

Zbiornik osadowy

	Znaczenie	Zbiornik służy do oddzielenia osadu czynnego od oczyszczonych ścieków.
	Zasada	Przepływ wody w zbiorniku ulegnie spowolnieniu. W takich warunkach osad czynny może osiadać na dnie zbiornika. Z dna zbiornika większość osadu czynnego jest zawracana do zbiornika aktywacyjnego, gdzie osad ponownie oczyszcza wodę. Ponieważ osad czynny jest żywym organizmem, który się rozmnaża, konieczne jest utrzymywanie w systemie tylko niezbędnej ilości i odpompowywanie jego nadmiaru z układu. Osad nadmierny, który nie jest ponownie wykorzystany w zbiorniku aktywacyjnym, jest pompowany do układu zagospodarowania osadu. W oczyszczalniach bez odprowadzania osadu do zbiornika magazynowego. Stamtąd trafiają one do większych oczyszczalni zajmujących się gospodarką osadami. Nad osadzonym osadem znajdują się oczyszczone ścieki, które przelewają się ze zbiornika do kanalizacji i dalej trafiają do odbiornika (rzeka, strumień,...).
	Przechwycony materiał	Osad nadmierny – nadmiar osadu czynnego usuwany z układu. Osad powrotny – osad czynny, który powraca do zbiornika aktywacyjnego i ponownie oczyszcza ścieki.


Dociekliwy: W przypadku osadników lub zbiorników aktywacyjnych istnieje możliwość wyjaśnienia uczestnikom, w jaki sposób określa się jakość osadu z punktu widzenia osadzania, czyli wskaźnika osadu. Pomiar wskaźnika osadu odbywa się za pomocą badania sedymentacyjnego, polegającego na pobraniu próbki ze zbiornika i przelaniu jej do cylindra miarowego, a następnie po 30 minutach dokonuje się pomiaru wysokości granicy faz woda – osad. Następnie oblicza się wskaźnik mułu, dzieląc wysokość osadu przez czas sedymentacji. Na podstawie obliczonego wskaźnika osadu można ocenić, jak łatwo lub trudno osadza się osad.




Wskazówka interpretacyjna: Test sedymentacji możemy wykonać na miejscu. Na początku interpretacji przy zbiornikach aktywacyjnych należy pobrać próbkę osadu, a na koniec interpretacji widać już granicę faz woda-osad i wodę offsetową. Jeśli mamy zamiar przeprowadzić tę demonstrację, wskazane jest zbieranie w ten sposób napływających ścieków i pokazanie różnicy w wyglądzie ścieków i wody oczyszczonej.

3.3 Sprzątanie trzeciorzędne


Dezynfekcja wody		
	Znaczenie	Oczyszczone ścieki nadal zawierają różne bakterie, wirusy i pasożyty, które mogą mieć negatywny wpływ na ekosystemy wodne. Dezynfekcja ogranicza liczbę mikroorganizmów i zapewnia ochronę środowiska.
	Zasada	Można zastosować kilka metod, m.in. Promieniowanie UV lub ozonowanie. Promieniowanie UV o danej długości fali przenika przez wąską warstwę wody. Promieniowanie to następnie zabija mikroorganizmy (tylko zabija, a nie usuwa). Inną metodą jest zastosowanie środka dezynfekującego, np. nadtlenku wodoru.

Filtracja przez warstwę węgla aktywnego		
	Znaczenie	Przy bardziej rygorystycznych limitach dla substancji innych niż składniki odżywcze możliwe jest zastosowanie filtracji przez warstwę węgla aktywnego. Węgiel aktywny jest w stanie usunąć mikrozanieczyszczenia (substancje zawarte w wodzie w bardzo niskich stężeniach).
	Zasada	Adsorpcja substancji organicznych, leków, metali ciężkich i innych zanieczyszczeń ze ścieków na węgiel aktywny


Technologia membranowa

	Znaczenie	Do stosowania technologii membranowych podchodzimy wtedy, gdy chcemy mieć na wylocie wodę wyjątkowo wysokiej jakości. Przy zastosowaniu technologii membranowej zmniejsza się liczba bakterii, stężenie pierwiastków i związków, w zależności od wielkości porów membrany.
	Zasada	Oczyszczone ścieki pompowane są przez membranę zbudowaną z otworów o określonej wielkości (rozdzielamy: mikrofiltrację, nanofiltrację i ultrafiltrację). Przez membranę będzie przepływać woda i substancje o rozmiarach mniejszych od podanych otworów, natomiast substancje większe od tych porów zaczną się na membranie gromadzić.


Chemiczne wytrącanie fosforu na odpływie

	Znaczenie	Jeżeli stężenie fosforu w ściekach z osadników jest w dalszym ciągu wysokie i nie mieści się w dopuszczalnych granicach, istnieje możliwość obniżenia stężenia fosforu poprzez chemiczne strącanie.
	Zasada	Pozostały fosfor zawarty w oczyszczonej wodzie wytrąca się za pomocą środka strącającego. W oczyszczalniach stosuje się różne substancje, najczęściej siarczan lub chlorek żelaza. Sól żelaza reaguje z fosforanami, tworząc nierozpuszczalny związek fosforanu żelaza.

3.4 Gospodarka osadami

Zagęszczanie osadu		
	Znaczenie	Redukcja zawartości wody w osadach przed dalszą obróbką.
	Zasada	Osad zagęszcza się grawitacyjnie w zbiornikach zagęszczających lub mechanicznie w wirówce zagęszczającej lub sicie zagęszczającym.

Stabilizacja osadów

	Znaczenie	Produkcja stabilnego i bezpiecznego materiału, który można dalej wykorzystać np. w rolnictwie.
	Zasada	<p>Stabilizacja osadów prowadzi do zmniejszenia ilości substancji organicznych w osadach oraz do zmniejszenia liczby organizmów chorobotwórczych i innych organizmów żywych. Ustabilizowany osad nie ulega dalszemu rozkładowi i nie powoduje problemów z odorem.</p> <p><u>Rodzaje stabilizacji osadów:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> beztlenowy aerobik chemiczny <p>Podczas beztlenowej stabilizacji (gnicia) osadów substancje organiczne przekształcają się w biogaz, który jest dalej przetwarzany na energię. Znajduje zastosowanie w średnich i dużych oczyszczalniach.</p> <p>Stabilizacja tlenowa opiera się na napowietrzaniu osadu. Zawarte w nim substancje organiczne ulegają utlenieniu.</p> <p>Podczas stabilizacji chemicznej do osadu dodaje się wapno palone (CaO). Wapno palone reaguje z wodą znajdującą się w osadzie, wytwarzając ciepło i wodorotlenek, co podnosi pH i w ten sposób hamuje aktywność mikroorganizmów.</p>

Odwadnianie osadów



Znaczenie

Obniżenie zawartości wody w osadzie ustabilizowanym, tak aby można go było dalej wykorzystać i obniżyć koszty jego transportu (mniejsza ilość wody oznacza mniejszą objętość osadu, co oznacza mniejszą liczbę zapełnionych pojemników).

Zasada

Osady odwadniane są mechanicznie lub na polach osadowych.

Metody maszynowe obejmują:

wirówki
prasy taśmowe sitowe
kalopresy
prasy próżniowe
prasa śrubowa

Wirówka działa na zasadzie siły odśrodkowej. Jest to takie przyspieszone osadzanie się cząstek (sedymentacja). Podczas wirowania wirnik wirówki obraca się szybko, a osad zostaje rozdzielony na cząstki stałe i wodę. Kalolisy są wówczas takim sitkiem, które wychwytuje osad i przepuszcza wodę.