



MINISTERSTWO EDUKACJI
NARODOWEJ



Aleksandra Tomczak

Ochrona hydrosfery 311[31].O2.03

Poradnik dla ucznia

Wydawca

**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2006**

Recenzenci:

mgr Daniela Adamska
mgr inż. Grażyna Gonera

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Małgorzata Urbanowicz

Konsultacja:

dr inż. Bożena Zając

Korekta:

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[31].O2.03 „Ochrona hydrosfery” zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu technik technologii chemicznej.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2006

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	5
3. Cele kształcenia	6
4. Materiał nauczania	7
4.1. Wody naturalne i ich znaczenie dla życia na Ziemi	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	10
4.1.3. Ćwiczenia	11
4.1.4. Sprawdzian postępów	14
4.2. Zanieczyszczenia wód naturalnych	15
4.2.1. Materiał nauczania	15
4.2.2. Pytania sprawdzające	21
4.2.3. Ćwiczenia	21
4.2.4. Sprawdzian postępów	26
4.3. Ochrona hydrosfery przed zanieczyszczeniem	27
4.3.1. Materiał nauczania	27
4.3.2. Pytania sprawdzające	38
4.3.3. Ćwiczenia	38
4.3.4. Sprawdzian postępów	39
4.4. Przepisy prawne z zakresu ochrony hydrosfery	40
4.4.1. Materiał nauczania	40
4.4.2. Pytania sprawdzające	44
4.4.3. Ćwiczenia	44
4.4.4. Sprawdzian postępów	46
5. Sprawdzian osiągnięć	47
6. Literatura	53

1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy o wodach naturalnych i sposobach ich ochrony przed zanieczyszczeniem.

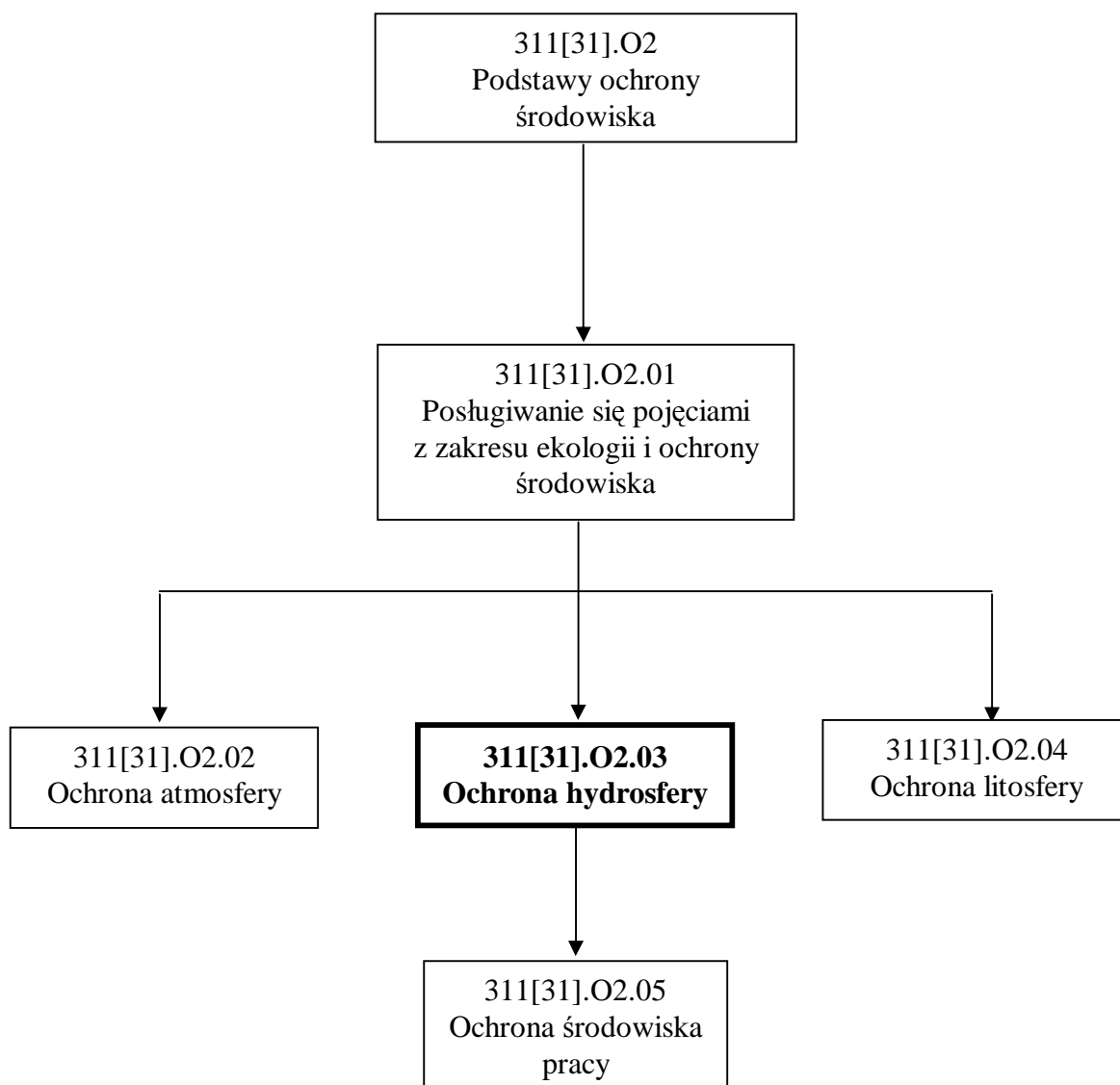
W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne, czyli wykaz niezbędnych umiejętności i wiedzy, które powinieneś mieć opanowane, aby przystąpić do realizacji tej jednostki modułowej,
- cele kształcenia tej jednostki modułowej, czyli wykaz umiejętności i wiedzy, które powinieneś opanować po zapoznaniu się z zamieszczonym w tym poradniku materiałem,
- materiał nauczania (rozdział 4), który umożliwi Ci samodzielne przygotowanie się do wykonania ćwiczeń i zaliczenia sprawdzianów. W rozdziale tym, oprócz materiału nauczania, zamieszczono:
 - pytania sprawdzające, które pomogą Ci ustalić, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń,
 - opis ćwiczeń wraz z wykazem materiałów potrzebnych do ich realizacji. Wykonanie zaproponowanych ćwiczeń pomoże Ci ukształtować umiejętności praktyczne,
 - sprawdzian postępów, czyli zestaw pytań sprawdzających, który pomoże Ci ustalić, które z zamieszczonych w materiale nauczania treści musisz jeszcze raz powtórzyć,
- sprawdzian osiągnięć, który pomoże sprawdzić osiągnięcie przez Ciebie celów kształcenia tej jednostki modułowej,
- literaturę dzięki, której możesz poszerzyć swoją wiedzę.

Jeżeli będziesz mieć trudności ze zrozumieniem tematu lub ćwiczenia, to poproś nauczyciela o wyjaśnienie i ewentualne sprawdzenie, czy dobrze wykonujesz daną czynność.

Bezpieczeństwo i higiena pracy

W pracy musisz przestrzegać regulaminu pracowni, przepisów bhp i higieny pracy oraz instrukcji przeciwpożarowych. Szczególną uwagę musisz zwrócić na zasady bhp w czasie wykonywania ćwiczeń laboratoryjnych. W czasie przygotowywania stanowiska pracy zwróć uwagę na zasady ergonomii.



Schemat układu jednostek modułowych

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej „Ochrona hydrosfery”, powinieneś umieć:

- korzystać z różnych źródeł informacji,
- stosować przepisy bhp obowiązujące w laboratorium chemicznym,
- zorganizować stanowisko pracy zgodnie z wymogami ergonomii,
- nazywać związki chemiczne na podstawie ich wzoru sumarycznego,
- pisać równania reakcji chemicznych,
- posłużyć się terminologią z zakresu ochrony środowiska,
- posługiwać się podstawowym sprzętem laboratoryjnym,
- stosować typowe metody analityczne w procesach badawczych.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej, powinieneś umieć:

- określić specyficzne fizykochemiczne właściwości wody,
- określić znaczenie specyficznych fizykochemicznych właściwości wody dla życia na Ziemi,
- ocenić zasoby wodne kraju i określić możliwości ich ochrony,
- scharakteryzować główne zanieczyszczenia wód i ich źródła,
- określić wpływ zanieczyszczeń wody na zdrowie człowieka i środowisko przyrodnicze,
- przedstawić mechanizm przemian zanieczyszczeń w wodach powierzchniowych,
- przedstawić mechanizm samooczyszczania się wód naturalnych,
- zbadać i ocenić jakość wody,
- określić działania wpływające na zmniejszenie zanieczyszczeń hydrosfery,
- scharakteryzować sposoby ochrony hydrosfery,
- zastosować przepisy prawne z zakresu ochrony hydrosfery.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Wody naturalne i ich znaczenie dla życia na Ziemi

4.1.1. Materiał nauczania

Właściwości fizykochemiczne wody

Woda, związek chemiczny tlenu i wodoru, to substancja najbardziej rozpowszechniona na Ziemi. W naturze nigdy nie występuje w stanie czystym chemicznie co związane jest z jej właściwościami chemicznymi. Pojedyncza cząsteczka wody jest dipolem, w którym występuje przesunięcie elektronów w kierunku atomu tlenu. Powoduje to nagromadzenie ładunku ujemnego przy atomie tlenu, a ładunku dodatniego przy atomach wodoru i umożliwia silne wzajemne przyciąganie pojedynczych cząsteczek wody. Atomy wodoru tworzą wiązanie z parą elektronową sąsiedniej cząsteczki wody, zaś para elektronowa „przyjmuje” takie wiązanie od otoczenia. Równocześnie powstałe w ten sposób wiązania wodorowe są na tyle słabe, że dość łatwo mogą rozpadać się na elementy składowe. Budowa cząsteczki wody ma wpływ na jej niezwykle właściwości takie, jak:

- zdolność asocjacji, czyli wiązanie się pojedynczych cząsteczek w asocjaty (zespoły cząsteczkowe),
- zdolność hydratacji, czyli przyłączania się w całości do innej substancji chemicznej (bez powstawania produktów ubocznych),
- zdolność do rozpuszczania i hydrolizy wielu substancji chemicznych,
- mała masa cząsteczkowa 18 u,
- mała gęstość w porównaniu z innymi mineralnymi składnikami skorupy ziemskiej $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,
- duża pojemność molarna – $55,6 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$,
- duże ciepło właściwe (najwyższe wśród znanych cieczy) $4,186 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$,
- duże ciepło parowania $2300 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$,
- duże ciepło krzepnięcia $335 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$,
- wzrost lepkości wraz z obniżaniem się temperatury,
- duże napięcie powierzchniowe,
- bardzo dobrą przezroczystość,
- zwiększanie objętości w czasie przechodzenia ze stanu ciekłego w stały.

Znaczenie właściwości fizykochemicznych wody dla życia na Ziemi

Ogólnie znaczenie wody dla życia na Ziemi można określić następująco:

- jest głównym składnikiem organizmów żywych (od 50% w roślinach lądowych do 98% w organizmach zwierząt morskich),
- jest środowiskiem życia wielu organizmów,
- bierze udział w krążeniu materii (obieg wody w przyrodzie),
- bierze udział w powstawaniu i przeobrażaniu skał, minerałów i gleb (erozja wodna),
- jest regulatorem klimatu na Ziemi,
- pełni rolę krajobrazotwórczą,
- jest bardzo istotna dla gospodarki człowieka,
- jest źródłem energii (elektrownie wodne),
- pełni rolę szlaków komunikacyjnych,
- jest wykorzystywana na potrzeby sanitarno-higieniczne,
- jest wykorzystywana do rekreacji.

Szczegółowe znaczenie właściwości wody dla fizjologii organizmów żywych podano w tabeli 1.

Tabela 1. Wpływ właściwości wody na fizjologię organizmów żywych [4]

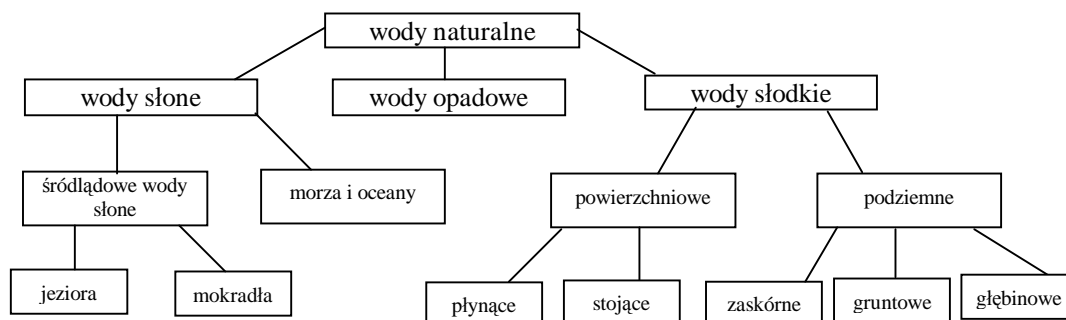
Właściwość H ₂ O	Konsekwencje właściwości
Mała gęstość	mała masa roślin i zwierząt znaczna przewaga cząsteczek H ₂ O nad innymi cząsteczkami w organizmach żywych
Mała masa	
Duża pojemność molarna	
Małe rozmiary cząsteczki	przenikanie przez błony cząsteczkowe pęcznienie błon i koloidów
Duże ciepło parowania	zapobiega szybkiemu parowaniu wody ze zbiorników zapobiega nadmiernej transpiracji
Duże ciepło krzepnięcia	zwiększa odporność organizmów na mróz osłabia temperaturę zamarzania
Zwiększanie lepkości w miarę obniżania temperatury	zapobiega migracji wody w tkankach
Duże napięcie powierzchniowe i kohezja	umożliwia migrację wody na duże wysokości w kapilarach tkankowych i glebowych, umożliwia roślinom pobieranie soli mineralnych
Bardzo dobra przezroczystość	umożliwia życie w akwenach wodnych do głębokości 100m
Duże ciepło właściwe	tłumi zmiany temperatury i łagodzi klimat
Struktura polarna cząsteczki	umożliwia: hydratację, asocjację, dysocjację elektrolityczną, i odżywianie się roślin jonami
Doskonałe właściwości rozpuszczające	Umożliwia procesy biochemiczne i geochemiczne

Zasoby wodne i ich rodzaje

Zasoby wodne można podzielić na następujące rodzaje:

- zasoby wodne brutto (zasoby hydrologiczne), jest to ogół wód powierzchniowych i podziemnych (płytkich) znajdujących się na danym obszarze,
- zasoby wodne netto (zasoby dyspozycyjne) są to maksymalne wartości odpływu z danego obszaru, możliwe teoretycznie do gospodarczego wykorzystania bez naruszenia równowagi biologicznej wód, przy założeniu odpowiednich warunków co do ich jakości,
- zasoby nienaruszalne wody znajdujące się w skorupie ziemskiej, do których człowiek nie ma dostępu.

Rodzaje wód naturalnych wchodzące w skład zasobów wodnych Ziemi przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Podział wód naturalnych [opracowanie własne]

Zasoby wodne świata

Zasoby wodne są nierównomiernie rozłożone na kuli ziemskiej. Są rejony o wystarczających zasobach wodnych (np. Skandynawia), jak również rejony o stałym deficycie wody (część krajów afrykańskich). Wielkość zasobów wodnych świata przedstawiona jest w tabeli 2.

Tabela 2. Zasoby wodne świata [opracowanie własne]

rodzaj wody	objętość [10^3 km^3]	% w zasobach całkowitych
oceany i morza	1370000	97,61
lodowce	29000	2,08
wody podziemne	4000	0,29
jeziora słodkie	125	0,009
jeziora słone	104	0,008
wody glebowe	67	0,005
rzeki	1,2	0,00009
para wodna w atmosferze	14	0,0009
ogółem wody słodkie	33200	2,4

Zasoby wodne Polski

Na bilans wodny kraju składają się następujące elementy:

- opady atmosferyczne (P),
- parowanie terenowe (E),
- odpływ rzeczny (H): powierzchniowy (H') i podziemny (H").

Poszczególne składniki tworzą równanie bilansu wodnego kraju:

$$P = (H' + H'') + E$$

W Polsce poszczególne składniki bilansu wodnego mają następujące wartości (na podstawie danych GUS):

- odpływ rzeczny powierzchniowy średnio $61,5 \text{ km}^3/\text{rok}$,
- odpływ rzeczny podziemny średnio $24 \text{ km}^3/\text{rok}$,
- opady atmosferyczne średnio $205,0 \text{ km}^3/\text{rok}$.

Dostępność zasobów wodnych w Polsce nie przekracza 1700 m^3 na mieszkańca w ciągu roku. Zasoby te, w porównaniu z zasobami innych krajów, należą do jednych z mniejszych i są porównywalne z zasobami krajów afrykańskich o niewielkich opadach. Inne kraje europejskie mają zasoby większe od Polski o około $2/3$. Dodatkowo wysokie zanieczyszczenie, zwłaszcza wód powierzchniowych, powoduje, że ilość wody zdatnej do spożycia w Polsce jest jeszcze mniejsza.

Zużycie wody

Zużycie wody zależy od rozwoju cywilizacyjnego, stopnia kultury społeczeństwa i dostępności zasobów wodnych. W krajach wysoko uprzemysłowionych sięga od 200 do 400 dm³/doba. Im lepsze wyposażenie sanitarne domów, tym więcej wody zużywane jest na zaspokojenie potrzeb bytowych ludzi. Rośnie równocześnie ilość ścieków odprowadzanych z powrotem do środowiska. Z tego względu szczególnie ważne jest zapewnienie jak najlepszego stopnia oczyszczenia wód zużytych przed wprowadzeniem ich do odbiornika. Wykorzystanie wody można podzielić na:

- spożycie przez ludność, rośliny i zwierzęta,
- zużycie do celów przemysłowych.

Zużycie wody w Polsce w 2004 roku przedstawia tabela 3.

Tabela 3. Pobór wody w roku 2004 na potrzeby gospodarki narodowej i ludności według źródeł poboru [12]

WYSZCZEGÓLNIENIE	Zużycie [hm ³]
O G Ó Ł E M	10990,0
Wody powierzchniowe	9252,2
Wody podziemne	1630,6
Wody z odwadniania zakładów górniczych oraz obiektów budowlanych (użyte do produkcji)	107,3
Cele produkcyjne	7817,0
Wody powierzchniowe	7485,0
Wody podziemne	224,7
Wody z odwadniania zakładów górniczych oraz obiektów budowlanych (użyte do produkcji)	107,3
Nawodnienia w rolnictwie i leśnictwie oraz napelnianie i uzupełnianie stawów rybnych	1071,5
Wody powierzchniowe	1071,5
Eksploatacja sieci wodociągowej	2101,5
Wody powierzchniowe	695,7
Wody podziemne	1405,9
O G Ó Ł E M	100,0
Cele produkcyjne	71,1
Nawodnienia w rolnictwie i leśnictwie oraz uzupełnienia stawów rybnych.....	9,7
Eksploatacja sieci wodociągowej.....	19,2

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaka właściwości fizyczne posiada woda?
2. Jakie jest znaczenie poszczególnych właściwości wody dla życia na Ziemi?
3. Jakie rodzaje zasobów wodnych na Ziemi można wyróżnić?
4. Jak można policzyć zasoby wodne kraju?
5. Jakie są zasoby wodne Polski w porównaniu z innymi krajami świata?
6. Do jakich celów wykorzystywana jest większość zużywanej w Polsce wody?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Na podstawie aktualnych danych odszukanych w internecie, oblicz zasoby wodne netto Polski w przeliczeniu na jednego mieszkańca.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) odszukać informacje na temat:
 - średniej ilości opadów atmosferycznych,
 - ilości wody napływającej z państw ościennych,
 - odpływie wody do atmosfery na skutek parowania,
 - ilości wody odpływającej z terenu Polski do państw ościennych,
 - liczbie mieszkańców Polski,
- 2) obliczyć sumaryczną ilość wody zasilającej każdego roku zasoby wodne Polski,
- 3) obliczyć sumaryczną ilość wody, o jaką zmniejszają się zasoby wodne Polski na skutek parowania i odpływu poza granice kraju,
- 4) obliczyć zasoby wodne netto Polski,
- 5) przeliczyć wielkość zasobów na m³ na jednego mieszkańca na rok,
- 6) sprawdzić poprawność obliczeń,
- 7) zaprezentować wyniki pracy na forum klasy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- komputer z dostępem do internetu,
- literatura jednostki modułowej 311[31].O2.03.

Ćwiczenie 2

Wykonaj analizę wybranych właściwości fizycznych wody:

- gęstości,
- przezroczystości,
- zapachu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

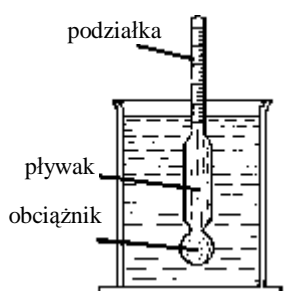
- 1) przypomnieć sobie regulamin pracowni i zasady bhp obowiązujące przy wykonywaniu prac laboratoryjnych,
- 2) uzgodnić z nauczycielem kolejność przeprowadzania analiz,
- 3) zapoznać się z instrukcjami przeprowadzenia analiz zamieszczonymi poniżej,
- 4) przygotować stanowisko pracy zgodnie z zasadami bhp i ergonomii,
- 5) dobrać odpowiedni sprzęt i odczynniki,
- 6) przeprowadzić analizy w kolejności uzgodnionej z nauczycielem,
- 7) zapisać obserwacje i wyniki,
- 8) sprzątnąć stanowisko pracy, umyć sprzęt i zabezpieczyć odczynniki,
- 9) sporządzić sprawozdanie z przeprowadzonych analiz zgodnie z zasadami podanymi przez nauczyciela.

- Wyposażenie stanowiska pracy:
- instrukcje do badania gęstości, przezroczystości i zapachu wody,
 - odczynniki:
 - 10% roztwór Na_2SO_3 lub stały $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$,
 - 10% roztwór $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cd}$,
 - próbki wody do badania z co najmniej trzech różnych źródeł,
 - sprzęt:
 - areometr,
 - termometr,
 - cylinder miarowy,
 - przyrząd Snellena lub cylinder miarowy z bocznym tubusem,
 - druk wzorcowy,
 - kolby stożkowe ze szlifem o pojemności 500 cm^3 ,
 - łaźnia wodna,
 - szkiełko zegarkowe,
 - literatura jednostki modułowej 311[31].O2.03.

Instrukcje do ćwiczeń:

Badanie gęstości wody za pomocą areometru

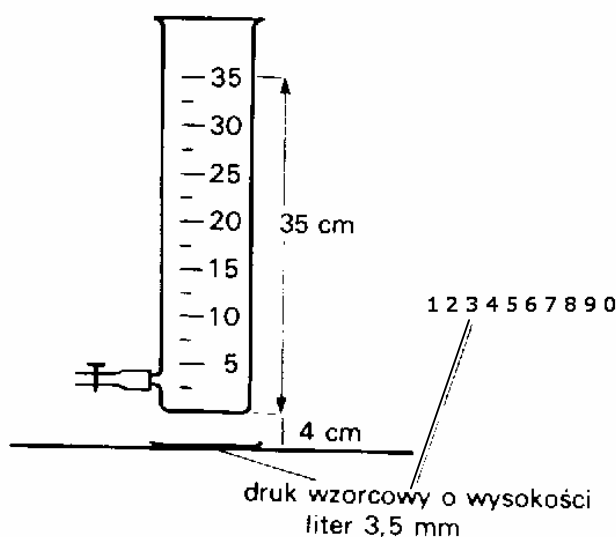
Zmierzyć temperaturę badanej wody. Areometr opłukać wodą destylowaną i osuszyć bibułą. Czynność tę powtarzać przed każdym pomiarem gęstości nowej próbki wody. Następnie zanurzyć powoli areometr w cylindrze miarowym z badaną wodą zgodnie z załączonym poniżej schematem (areometr nie może dotknąć dna cylindra). Po ustaleniu się stanu równowagi odczytać gęstość z podziałki areometru (kreska na wysokości poziomu lustra badanej wody). Zapisać wynik, podając równocześnie temperaturę wody dla jakiej przeprowadzono pomiar gęstości. Badanie przeprowadzić dla próbek wody z różnych źródeł.



Rys. 2. Schemat użycia areometru do pomiaru gęstości [8]

Badanie przezroczystości wody

Przygotować przyrząd Snellena zgodnie z załączonym schematem. Pod dno przyrządu wsunąć druk kontrolny. Napęlić cylinder badaną wodą. Parząc z góry przez słup wody w cylindrze powoli spuszczać wodę, aż do momentu kiedy położony 4 cm pod dnem druk kontrolny będzie dokładnie widoczny. Odczytać wysokość słupa wody z podziałki cylindra. Pomiar przeprowadzić dla próbek wody z różnych źródeł.



Rys. 3. Schemat badania przezroczystości wody za pomocą przyrządu Snellena [4]

Oznaczanie zapachu wody metodą organoleptyczną [4]

I etap – przygotowanie próbki do oznaczenia

Próbki do badania zapachu należy pobierać i przechowywać w naczyniach szklanych. Jeżeli badana woda była chlorowana, to należy usunąć z niej chlor przez dodanie kilku kropli 10% roztworu Na_2SO_3 lub odrobiny $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$. Jeżeli w wodzie wyczuwalny jest H_2S , to należy go usunąć przez dodanie kilku kropli 10% roztworu $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cd}$.

II etap – badanie zapachu

Przygotować dwie próbki tej samej badanej wody. Do kolby stożkowej ze szlifem o objętości 500 cm^3 wlać 200 cm^3 badanej wody i doprowadzić ją do temperatury 20°C . Zamknąć kolbę szklanym korkiem, wymieszać, odkorkować i wąchać przy wylocie kolby, określając rodzaj zapachu i jego intensywność. Drugą próbkę tej samej wody ogrzać w łaźni wodnej do temperatury 60°C , przykrywając szkiełkiem zegarkowym. Następnie zdjąć szkiełko zegarkowe i wąchać przy wylocie kolby, określając rodzaj zapachu i jego intensywność. Badanie przeprowadzić dla próbek wody z różnych źródeł.

III etap – zapisanie wyniku oznaczenia

Zapisując wynik oznaczenia, należy podać:

- temperaturę oznaczenia, określając ją odpowiednią literą:
z – na zimno (20°C),
g – na gorąco (60°C),
- rodzaj zapachu, określając go odpowiednią literą:

R – zapach roślinny (np. siana, ziemi, torfu, mchu, kwiatów, trawy),

G – zapach gnilny (np. pleśni, fekaliów, stęchlizny, butwiejącej roślinności, siarkowodoru),

S – zapach specyficzny (np. chloru, fenolu, nafty, acetonu, smoły),

- intensywność zapachu zgodnie z poniższą skalą:

Tabela 4. Skala intensywności zapachu [4]

Intensywność zapachu	Wyczuwalność zapachu	Określenie zapachu
0	brak zapachu	—
1	bardzo słaby zapach	ledwie wyczuwalny
2	słaby	dość trudno wyczuwalny
3	wyraźny	mogący zdyskwalifikować wodę pitną
4	silny	dyskwalifikujący wodę pitną i do potrzeb gospodarczych
5	bardzo silny	dyskwalifikujący wodę do użytku w ogóle

Przykładowy sposób zapisania wyniku oznaczenia: g2R.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

Tak Nie

- | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1) określić specyficzne właściwości fizykochemiczne wody? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) określić znaczenie wody dla życia na Ziemi? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) określić znaczenie poszczególnych właściwości fizykochemicznych wody dla organizmów żywych? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) zbadać właściwości fizyczne wody zgodnie z instrukcją? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) odszukać dane dotyczące zasobów wody? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6) ocenić zasoby wodne Polski? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

4.2. Zanieczyszczenia wód naturalnych

4.2.1. Materiał nauczania

Rodzaje zanieczyszczeń wody

Zanieczyszczenia wody za względu na ich skład można podzielić na:

- zanieczyszczenia fizyczne,
- zanieczyszczenia chemiczne,
- zanieczyszczenia fizjologiczne,
- zanieczyszczenia biologiczne.

Zanieczyszczenia fizyczne wody

W ich skład wchodzi duże ciała pływające (np. gałęzie drzew, odpady stałe), zawiesiny łatwo i trudno opadające (np. piasek, zawiesiny organiczne), koloidy, podwyższona temperatura (skażenie termiczne). Powodują one zmiany zabarwienia, mętności i temperatury wody.

Zanieczyszczenia chemiczne wody

Zanieczyszczenia chemiczne wody są bardzo różnorodne. Można je podzielić na dwa podstawowe rodzaje:

- zanieczyszczenia chemiczne organiczne (białka, tłuszcze i oleje, detergenty, pestycydy, węglowodory ropopochodne itp.),
- zanieczyszczenia chemiczne nieorganiczne (jony metali ciężkich, azotany(V), azotany(III), fosforany itp.).

Zanieczyszczenia biologiczne wody

To bakterie, wirusy, pierwotniaki, robaki i ich jaja, grzyby, glony, larwy owadów. W skład zanieczyszczeń biologicznych wchodzi także toksyczne wydzieliny mikroorganizmów, glonów i grzybów.

Zanieczyszczenia fizjologiczne

To zanieczyszczenia, które psują właściwości organoleptyczne wody głównie smak i zapach (fenole, aminy, benzen, siarczki itp.).

Źródła zanieczyszczeń wody

Zanieczyszczenia wody mogą pochodzić z różnych źródeł, zarówno naturalnych, jak i antropogenicznych. Do źródeł naturalnych można zaliczyć:

- wymywanie gleb i skał, w wyniku którego do wód przedostają się głównie zawiesiny, związki humusowe zawierające żelazo i związki wapnia,
- wymywanie złóż surowców naturalnych zanieczyszczające wodę solami, węglowodorami ropopochodnymi, metanem itp.,
- wody opadowe zawierające pyły wymywane z atmosfery i kwasy pochodzące z kwaśnych opadów,
- rozkład związków organicznych, prowadzący do zwiększenia w wodzie zawartości tlenu węgla(IV), amoniaku, siarkowodoru i zanieczyszczeń organicznych,
- katastrofy naturalne, takie jak wybuchy wulkanów, naturalne pożary lasów itp.

Źródła zanieczyszczeń antropogenicznych są znacznie liczniejsze, a wydostające się z nich zanieczyszczenia znacznie groźniejsze dla środowiska. Do głównych źródeł zanieczyszczeń antropogenicznych zaliczamy:

- ścieki komunalne odprowadzane z miast i innych osiedli mieszkaniowych, zawierające głównie cząsteczki żywności, tłuszcze, detergenty, papier, fekalia, fenole, bakterie, wirusy robaki i ich jaja, chlorki, azotany i fosforany,
- ścieki przemysłowe odprowadzane z zakładów produkcyjnych, których skład zależy od prowadzonych procesów przemysłowych,
- ścieki rolnicze, czyli spływy powierzchniowe z pól i ścieki z hodowli, w skład których wchodzi azotany, fosforany, pestycydy, środki ochrony roślin, mocznik, fekalia, bakterie i wirusy a nawet pewne ilości antybiotyków,
- spływy ze składowisk odpadów zawierające właściwie wszystkie znane rodzaje zanieczyszczeń,
- ścieki szpitalne, w których skład wchodzi bakterie, wirusy, krew i inne płyny ustrojowe,
- ścieki deszczowe zwłaszcza spływy powierzchniowe z ulic, placów i stacji paliw zanieczyszczone głównie piaskiem i węglowodorami ropopochodnymi a w okresie zimowym i wiosennym chlorkiem sodu,
- katastrofy komunikacyjne wprowadzające do wód węglowodory ropopochodne i inne zanieczyszczenia zależne od rodzaju ładunku przewożonego przez środki komunikacji biorące udział w katastrofie.

Przemysł chemiczny jako źródło zanieczyszczenia wody

Procesy produkcyjne oraz magazynowanie i transport surowców i produktów przemysłu chemicznego są źródłem wielu groźnych zanieczyszczeń między innymi takich, jak:

- węglowodory ropopochodne,
- fenole,
- wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne,
- benzen, ksylen,
- amoniak, azotany(V) i azotany(III),
- fosforany,
- cyjanki, fluorki,
- metale ciężkie.

Charakterystyka głównych zanieczyszczeń wody

Tabela 5. Charakterystyka głównych zanieczyszczeń wody z uwzględnieniem źródeł ich pochodzenia, wpływu na zdrowie ludzi, środowisko i instalacje [opracowanie własne]

Nazwa	Źródła	Wpływ na zdrowie ludzi	Wpływ na środowisko
bakterie, wirusy, robaki,	ścieki komunalne, rolnicze, szpitalne	wywołują: choroby wirusowe, bakteryjne (np. cholera, dur brzuszny, choroba Heinego Medina, tężec, czerwonka), biegunki, schorzenia wątroby i dróg moczowych, robaczyce	wywołują: choroby organizmów żywych
skażenie termiczne	ścieki z chłodzenia aparatury przemysłowej	brak wpływu	zmniejsza zawartość tlenu w wodzie, prowadząc do deficytu tlenowego

Nazwa	Źródła	Wpływ na zdrowie ludzi	Wpływ na środowisko
aminy aromatyczne	ścieki przemysłowe głównie z przemysłu chemicznego	mają działanie rakotwórcze, są przyczyną powstawania methemoglobiny w krwioobiegu	są szkodliwe dla ryb i innych organizmów wodnych
tłuszcze, oleje	ścieki przemysłowe, ścieki gospodarczo bytowe	zmieniają właściwości organoleptyczne wody uniemożliwiając jej wypicie	tworzą na powierzchni zbiorników wodnych warstwę utrudniającą wymianę gazową, osiadają na ściankach rurociągów zmniejszając światło przewodzenia
(WWA)	ścieki przemysłowe (głównie przemysł rafineryjny i petrochemiczny)	mają działanie mutagenne i rakotwórcze, wywołują ostre i przewlekłe zatrucia, uszkodzają nadnercza i układ chłonny	trudno ulegają biodegradacji, kumulują się w tkance tłuszczowej mięczaków i ryb, są szkodliwe dla organizmów zwierzęcych
azotany(V), azotany(III)	ścieki rolnicze (głównie spływy z pól), ścieki komunalne, ścieki przemysłowe (głównie z produkcji nawozów sztucznych)	są przyczyną powstawania methemoglobiny w krwioobiegu i wywołują sinicę niemowląt	wywołują zjawisko eutrofizacji, czyli zakwitania wód (masowy rozwój glonów), które prowadzi do deficytu tlenowego, co wywołuje obumieranie organizmów wodnych i uniemożliwia tlenowy rozkład materii organicznej
jony metali ciężkich	Hg	uszkadza DNA, atakuje centralny układ nerwowy wywołując upośledzenie narządów zmysłów i niedorozwój umysłowy dzieci	kumulują się w organizmach kolejnych ogniw łańcucha pokarmowego, są szkodliwe dla organizmów zwierzęcych, powodują zanikanie procesu samooczyszczania się wód
	Cd	ma działanie rakotwórcze, wywołuje bezpłodność, odwapnienie i deformację kości, zanik mięśni	
	Pb	wywołuje zaburzenia umysłowe, bóle głowy, osłabienie pamięci, agresję i bezsenność	
	As	ma działanie rakotwórcze, prowadzi do zmian skórnych, uszkadza układ pokarmowy	
detergenty	ścieki komunalne, ścieki z instalacji przemysłowych (flotacji)	zmieniają właściwości organoleptyczne wody uniemożliwiając jej wypicie	sprzyjają zjawisku eutrofizacji, zmywają śluz z ciał zwierząt wodnych, utrudniają samooczyszczanie się wód
fenole	ścieki komunalne, ścieki przemysłowe (głównie rafinerie, garbarnie, produkcja barwników i tworzyw sztucznych)	wywołuje drgawki, krwimocz, białkomocz, porażenie mięśni w dużych dawkach prowadzi do porażenia ośrodka oddechowego i śmierci	kumulują się w organizmach ryb i mięczaków większych ilościach prowadzą do śmierci organizmów wodnych

Nazwa	Źródła	Wpływ na zdrowie ludzi	Wpływ na środowisko
zawiesiny i koloidy	ścieki przemysłowe (szczególnie włókiennictwo, papiernictwo, przemysł drzewny, spożywczy), ścieki deszczowe,	wpływ zależy od składu chemicznego. zmieniają właściwości organoleptyczne wody, uniemożliwiając jej wypicie	osiada na roślinach wodnych, zmniejsza ilość światła słonecznego docierającego do głębszych warstw wody utrudniając fotosyntezę, osiadają na ściankach rurociągów zmniejszając światło przewodzenia
cyjanki	ścieki z galwanizacji	są silnymi truciznami, wiążą się w organizmie z atomami miedzi i żelaza, będących składnikami enzymów	działają toksycznie na organizmy wodne, utrudniają proces samoczyszczenia
węglowodory ropopochodne	ścieki z przemysłu przeróbki ropy, spływy z dróg, katastrofy komunikacyjne	są toksyczne dla organizmu człowieka	tworzą na powierzchni wody błonę uniemożliwiającą wymianę gazową, odkładają się na organizmach zwierząt prowadząc do śmierci, niszczą mikroorganizmy odpowiedzialne za biodegradację związków organicznych
związki fosforu	ścieki przemysłowe (produkcja nawozów, pestycydów, włókien sztucznych), ścieki rolnicze	obecne w dużych stężeniach mogą odkładać się w tkankach miękkich	wywołują zjawisko eutrofizacji

Rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w wodach powierzchniowych

Wody powierzchniowe łatwo ulegają skażeniu. Wprowadzone do nich zanieczyszczenia dość szybko rozprzestrzeniają się w środowisku na skutek krążenia wody w przyrodzie. Ładunek zanieczyszczeń znajdujący się w rzekach spływa razem z nimi do jezior i mórz. W wodach stojących zawiesiny i zaadsorbowane na nich inne zanieczyszczenia opadają na dno tworząc warstwę osadów dennych. Osady te odcinają dopływ tlenu, uniemożliwiając tlenowy rozkład związków organicznych, które w takich warunkach mogą być rozkładane tylko przez organizmy beztlenowe. W przypadku zmacenia osadów dennych (np. na skutek obsunięcia ziemi czy przepływu fali powodziowej) do wody uwalniane są duże ilości produktów rozkładu beztlenowego, np. siarkowodor.

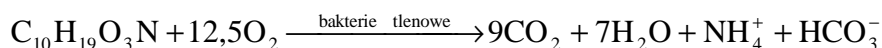
Część zanieczyszczeń razem z wodą przedostaje się do gleb oraz do ciał organizmów roślinnych i zwierzęcych. W ten sposób zaczynają krążyć w łańcuchu troficznym, powodując skażenie coraz większej ilości istot żywych.

Kolejnym procesem prowadzącym do rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w wodzie jest rozcieńczanie. Proces ten następuje szybciej w wodach płynących, gdzie wspomagany jest naturalnym ruchem wody. W przypadku wód stojących wpływ na mieszanie i rozcieńczanie zanieczyszczeń ma również zjawisko dyfuzji.

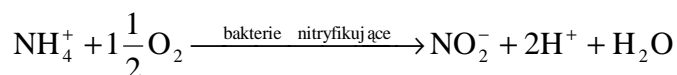
Przemiany zanieczyszczeń w wodach powierzchniowych

Zanieczyszczenia ulegają w wodzie przemianom biologicznym, fizycznym i chemicznym. Do najważniejszych przemian biologicznych można zaliczyć biochemiczny rozkład związków

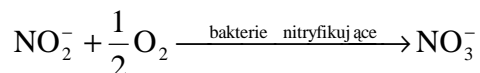
organicznych czy tzw. biodegradacją, którą opisać można w następujący sposób (przyjmując uproszczony wzór związku organicznego jako $C_{10}H_{19}O_3N$):



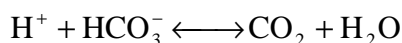
Jak widać z powyższego równania w procesie rozkładu tlenowego związków organicznych powstaje tlenek węgla(IV) częściowo zużywany przez rośliny wodne w procesie fotosyntezy, a częściowo ulatniający się do powietrza. Powstaje również anion wodorowęglanowy wpływający na zasadowość wody (zdolność do zobojętniania kwasów). Obecność HCO_3^- zapobiega spadkom pH wody. Kolejnym produktem rozkładu jest jon amonowy, który jest dość toksyczny dla organizmów wyższych i przy wysokim pH może przechodzić w jeszcze bardziej trujący amoniak. Takiej przemianie NH_4^+ zapobiega zjawisko nityfikacji, czyli przetworzenia jonów amonowych przez bakterie nityfikujące do azotanów(V) przyswajalnych przez rośliny. Nityfikacja zachodzi w dwóch etapach. W pierwszej kolejności bakterie o nazwie Nitrosomonas przetwarzają jon amonowy do nietrwałych azotanów(III) zgodnie z reakcją:



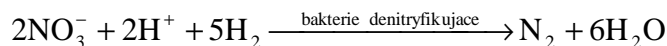
Następnie bakterie Nitrobacter przekształcają azotany(III) w azotany(V) zgodnie z reakcją:



W czasie nityfikacji prowadzonej przez bakterie Nitrosomonas w wodzie pojawia się jon wodorowy, który reaguje z jonem wodorowęglanowym



Opisane powyżej reakcje zachodzą przy dostatecznej ilości tlenu. W przypadku jednak ograniczonej ilości tlenu w wodzie, a także w warstwie dennej następuje proces tzw. denityfikacji opisywany uproszczonym równaniem:



Proces denityfikacji prowadzą bakterie heterotroficzne Pseudomonas. Wydzielający się w procesie azot uwalniany jest do atmosfery.

Oprócz opisanych powyżej reakcji biochemicznych w wodzie mogą zachodzić reakcje chemiczne różnych rozpuszczonych w niej zanieczyszczeń.

Wskaźniki jakości wody

Wskaźniki jakości wody służą do określania przydatności wody do określonych celów. Mówią o ilości i rodzajach zawartych w wodzie zanieczyszczeń.

Można je podzielić na:

- wskaźniki tlenowe,
- wskaźniki fizyko-chemiczne,

- wskaźniki biologiczne.

Tlenowe wskaźniki jakości wody

Wskaźniki tlenowe pozwalają określić ilość tlenu rozpuszczonego w wodzie oraz ilość tlenu potrzebną do rozłożenia materii organicznej zawartej w wodzie. Na ich podstawie można określić zdolności do samooczyszczania poprzez utlenianie zanieczyszczeń organicznych oraz ich rozkład przez bakterie tlenowe.

Jednym z najważniejszych wskaźników tlenowych jest BZT₅, czyli biochemiczne pięciodniowe zapotrzebowanie na tlen. Określa, ile tlenu zużywają w ciągu 5 dni bakterie na rozłożenie zawartych w wodzie związków organicznych. Wielkość tego wskaźnika jest miarą zanieczyszczenia wody związkami organicznymi.

ChZT to z kolei chemiczne zapotrzebowanie na tlen. Określa ilość tlenu potrzebną do utlenienia związków organicznych za pomocą silnego utleniacza (bez udziału organizmów żywych). ChZT przyjmuje wartości większe od BZT.

Trzecim wskaźnikiem tlenowym jest zawartość w wodzie tlenu rozpuszczonego.

Wskaźniki fizyko-chemiczne

Do najważniejszych wskaźników fizyko-chemicznych należą:

- pH,
- mineralizacja ogólna, określająca ilość rozpuszczonych soli mineralnych,
- suma zawiesin, która określa ilość materiału nierozpuszczalnego,
- stężenie azotanów(V), azotanów(III), jonów amonowych (azot amonowy), azotu ogólnego,
- stężenie chlorków, siarczanów(VI),
- stężenie zawartość fosforu ogólnego i fosforanów(V),
- stężenie detergentów i fenoli,
- stężenie innych substancji trujących i metali ciężkich,
- zawartość pierwiastków śladowych,

Wskaźnikiem szczególnie ważnym dla wody przemysłowej, zwłaszcza kotłowej (do zasilania kotłów) i chłodniczej (do obiegów chłodzących) jest tzw. twardość wody. Twardość wody wywoływana jest przez zawarte w wodzie związki wapnia i magnezu. Można wyróżnić kilka rodzajów twardości wody. Twardość węglanowa (przemijająca), czyli obecność w wodzie wodorowęglanów wapnia i magnezu. Twardość niewęglanowa (nieprzemijająca), czyli zawartość w wodzie innych związków wapnia i magnezu. Twardość ogólna, na którą się składają obie wymienione wcześniej rodzaje twardości. Twardość wody powoduje między innymi powstawanie kamienia kotłowego w instalacjach i aparaturze przemysłowej.

Biologiczne wskaźniki jakości wody

Określają zawartość bakterii w wodzie. Są to: zawartość bakterii chorobotwórczych, indeks saprobowości i liczba bakterii grupy coli (bakterie typowe dla środowiska jelita grubego w przewodzie pokarmowym człowieka). Indeks saprobowości to układ klasyfikacyjny gatunków wskaźnikowych, których obecność w zbiornikach wodnych umożliwia ustalenie stopnia zanieczyszczenia wód.

Zdecydowana większość wskaźników wyrażana jest w $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Liczba bakterii i pH są wielkościami niemianowanymi. W większości przypadków im wyższa wartość wskaźnika, tym

woda jest bardziej zanieczyszczona. Jednak przy oznaczaniu tlenu rozpuszczonego im wyższa wartość, tym czystsza woda.

Klasyfikacja wód naturalnych

Klasyfikacja wód rzecznych opiera się na następujących kryteriach:

- fizykochemicznym, uwzględniającym 23 wskaźniki zanieczyszczeń zawartości w wodzie substancji organicznych, zawiesin, substancji biogenych i zasolenia,
- wskaźników obligatoryjnych, czyli wybranych wskaźnikach fizyko-chemicznych, takich jak: BZT₅, ChZT, zawartość tlenu rozpuszczonego, fenoli, chlorków, siarczanów, substancji rozpuszczonych i zawiesin,
- sanitarnym, określającym obecność w wodach rzecznych bakterii grupy Coli typu fekalnego.

Obecnie najczęściej w ocenie czystości rzek przyjmuje się kryterium wskaźników obligatoryjnych.

W ostatnich latach stosunkowo często zmieniały się w Polsce zasady klasyfikacji wód naturalnych. Do 2004 roku wody te podzielone były na trzy klasy czystości. W 2004 roku weszło w życie Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11.02.2004 r., które dzieliło wody powierzchniowe na pięć klas jakości. Pomimo uchylecia tego rozporządzenia z dniem 01.01.2005 r. podział wód naturalnych na pięć klas czystości jest w Polsce nadal używany. Równocześnie przy ocenie jakości wody uwzględnia się wymagania, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia, czy wymagania, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych.

4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie są rodzaje zanieczyszczeń wód naturalnych?
2. Jakie są źródła głównych zanieczyszczeń wód powierzchniowych?
3. Jakim przemianom ulegają zanieczyszczenia w wodach powierzchniowych?
4. Co nazywamy wskaźnikami jakości wody?
5. Co zaliczamy do tlenowych wskaźników jakości wody?
6. Co zaliczamy do fizykochemicznych wskaźników jakości wody?
7. Co nazywamy twardością wody?
8. Jaki jest wpływ twardości wody na instalacje i aparaturę przemysłową?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Pobierz próbki wody ze zbiornika powierzchniowego i utrwaj je tak, aby można było przeprowadzić badania następujących wskaźników jakości wody: ChZT, NO₃⁻, Cl⁻

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się zasadami bhp przy pobieraniu próbek wody ze zbiorników wody powierzchniowej,
- 2) zapoznać się z zamieszczoną instrukcją pobierania i utrwalania próbek do analizy,
- 3) przygotować sprzęt i odczynniki,
- 4) pobrać próbki wody zgodnie z instrukcją,
- 5) utrwalić pobrane próbki zgodnie z instrukcją,
- 6) przygotowane próbki zabezpieczyć i przetransportować do laboratorium,
- 7) sporządzić sprawozdanie z przeprowadzonych ćwiczeń zgodnie z zasadami podanymi przez nauczyciela.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja pobierania próbek wody,
- instrukcja utrwalania próbek wody,
- odczynniki:
 - stężony H_2SO_4 ,
 - chloroform,
- sprzęt:
 - batometr,
 - butle z korkiem o pojemności 1 dm^3 - 2 szt.,
 - pipety,

Instrukcja pobierania próbek wody do badań

Przygotować batometr. Nie otwierając zanurzyć całkowicie w wodzie i otworzyć pod powierzchnią wody. Po napełnieniu wodą wyciągnąć. Wodę przelać do butli i zakorkować. Próbki do badania gazów rozpuszczonych nie przelewać i pozostawić w zakorkowanym batometrze. Próbki bez zanieczyszczeń można przechować w lodówce do 72 godzin, podejrzaną o zanieczyszczenia do 48 godzin, zanieczyszczoną do 12 godzin.

Instrukcja utrwalania próbek

Z próbek przelanych do butli odlać nieco wody tak, aby pozostawić ok. 5 cm warstwę powietrza. Do jednej z butli wprowadzić pod powierzchnię wody 2 cm^3 stężonego H_2SO_4 . Do drugiej butli wprowadzić pod powierzchnię wody 2 cm^3 chloroformu. Wodę utrwaloną kwasem siarkowym(VI) wykorzystuje się do oznaczeń utlenialności i ChZT. Wodę utrwaloną chloroformem wykorzystuje się do oznaczeń: zawiesiny, NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-

Ćwiczenie 2

Oznacz zawartość tlenu rozpuszczonego w wodach naturalnych pochodzących z różnych źródeł.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przypomnieć sobie regulamin pracowni i zasady bhp obowiązujące przy wykonywaniu prac laboratoryjnych,
- 2) zapoznać się z instrukcją oznaczania tlenu rozpuszczonego w wodzie metodą Winklera podaną poniżej,
- 3) przygotować stanowisko pracy zgodnie z zasadami bhp i ergonomii,

- 4) dobrać sprzęt i odczynniki,
- 5) przeprowadzić oznaczenie zgodnie z zamieszczoną instrukcją,
- 6) obliczyć stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie,
- 7) sprzątnąć stanowisko pracy, umyć sprzęt i zabezpieczyć odczynniki,
- 8) sporządzić sprawozdanie z przeprowadzonych analiz zgodnie z zasadami podanymi przez nauczyciela.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja oznaczania tlenu rozpuszczonego w wodzie metodą Winklera,
- instrukcje przygotowania odczynników (poz. 3 literatury),
- próbka wody do badania,
- odczynniki:
 - roztwór MnSO_4 o stężeniu $c_m = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$,
 - zasadowy roztwór KI o stężeniu $c_p = 10\%$,
 - roztwór H_2SO_4 o stężeniu 1:9 (10 cm^3 H_2SO_4 na 90 cm^3 wody destylowanej),
 - roztwór skrobi o stężeniu $c_p = 0,5\%$,
 - roztwór $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ o stężeniu $c_m = 0,025 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$,
- sprzęt:
 - butelka z ciemnego szkła z korkiem o pojemności 200 cm^3 ,
 - pipety, 3 szt.
 - kolba miarowa o pojemności 100 cm^3 ,
 - kolba stożkowa o pojemności 250 cm^3 ,
 - biureta,
- literatura jednostki modułowej 311[31].O2.03.

Instrukcja oznaczania tlenu rozpuszczonego metodą Winklera [3]

I etap – wykonanie oznaczenia

Butelkę z ciemnego szkła o pojemności 200 cm^3 napęlnić całkowicie badaną wodą (w miejscu poboru próbki). Następnie odlać z niej 4 cm^3 wody i dodać, wprowadzając koniec pipety pod powierzchnię wody, 2 cm^3 roztworu MnSO_4 i 2 cm^3 zasadowego roztworu KI . Zamknąć butelkę korkiem tak, aby nie powstał pod nim pęcherzyk powietrza. Zawartość butelki należy dokładnie wymieszać przez odwrócenie co najmniej 15 razy i pozostawić w ciemnościach do opadnięcia osadu (minimum 20 minut). Jeżeli wytrącił się brunatny osad, świadczący o obecności tlenu w wodzie, to do butelki wprowadzić pod powierzchnię wody 2 cm^3 H_2SO_4 . Zamknąć butelkę korkiem, uważając aby nie wypłynął osad i nie powstał pęcherzyk powietrza. Mieszać do całkowitego rozpuszczenia osadu. Z butelki odmierzyć do kolby miarowej 100 cm^3 roztworu i przelać go do kolby stożkowej. Zmiareczkować roztworem $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ do pojawienia się jasnosłomkowego zabarwienia. Dodać 1 cm^3 roztworu skrobi i szybko zmiareczkować tym samym roztworem $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ aż do odbarwienia. Odczytać całkowitą ilość $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ użytą do miareczkowania zarówno przed, jak i po dodaniu skrobi.

II etap – obliczenie zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie

$$x = \frac{32 \cdot V \cdot c \cdot 1000}{4 \cdot (V_0 - 4)}$$

gdzie:

x – zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$],

V – objętość $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ użytego do miareczkowania [cm^3],

c – stężenie roztworu $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ [$\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$],

32 – masa molowa dwuatomowej cząsteczki tlenu [$\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$],

$(V_0 - 4)$ – objętość analizowanej próbki, pomniejszona o sumę objętości dodanego roztworu MnSO_4 i zasadowego roztworu KI [cm^3],

1000 – współczynnik przeliczeniowy, przeliczający g na mg,

4 – współczynnik związany ze stechiometrią reakcji zachodzących w czasie oznaczenia.

Ćwiczenie 3

Oznacz BZT_5 w próbkach wody z różnych źródeł.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przypomnieć sobie regulamin pracowni i zasady bhp obowiązujące przy wykonywaniu prac laboratoryjnych,
- 2) zapoznać się z instrukcją oznaczania BZT_5 podaną poniżej,
- 3) przygotować stanowisko pracy zgodnie z zasadami bhp i ergonomii,
- 4) dobrać sprzęt i odczynniki,
- 5) przeprowadzić oznaczenie zgodnie z zamieszczoną instrukcją,
- 6) obliczyć stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie,
- 7) obliczyć BZT_5 ,
- 8) sprzątnąć stanowisko pracy, umyć sprzęt i zabezpieczyć odczynniki,
- 9) sporządzić sprawozdanie z przeprowadzonych analiz zgodnie z zasadami podanymi przez nauczyciela.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja oznaczania tlenu rozpuszczonego w wodzie metodą Winklera,
- instrukcje przygotowania odczynników (poz. 3 literatury),
- próbki wody do badania z co najmniej trzech różnych źródeł,
- odczynniki:
 - roztwór MnSO_4 o stężeniu $c_m = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$,
 - zasadowy roztwór KI o stężeniu $c_p = 10\%$,
 - H_2SO_4 o stężeniu 1:9 ($10 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$ na 90 cm^3 wody destylowanej),
 - roztwór skrobi o stężeniu $c_p = 0,5\%$,
 - $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ o stężeniu $c_m = 0,025 \text{ mol dm}^{-3}$,
- sprzęt:
 - inkubator,
 - butelka z ciemnego szkła z korkiem 200 cm^3 – 6szt,
 - pipety, 3 szt.
 - kolba miarowa o pojemności 100 cm^3 ,
 - kolba stożkowa o pojemności 250 cm^3 – 3 szt,
 - biureta,
- materiały do przygotowania sprawozdania:
 - kartka papieru formatu A4,
 - przybory do pisania,
- literatura jednostki modułowej 311[31].O2.03,.

Instrukcja oznaczenia BZT₅

I etap – przeprowadzenie oznaczenia

Podzielić próbki wody do badania na dwie części. W jednej części próbki oznacz zawartość tlenu rozpuszczonego metodą Winklera. Drugą część próbki wlej do ciemnej butelki, zakryj korkiem i umieść w inkubatorze w temperaturze 20°C (lub w ciemnej szafce w temp. 20°C). Po pięciu dniach inkubacji w drugiej części próbki oznacz zawartość tlenu rozpuszczonego metodą Winklera.

II etap – obliczenia BZT₅

Obliczyć zawartość tlenu w badanych próbkach przed i po inkubacji. Obliczyć BZT₅ zgodnie ze wzorem:

$$\text{BZT}_5 = x_1 - x_2$$

gdzie:

x_1 – ilość tlenu oznaczona w badanej wodzie przed inkubacją [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$],

x_2 – ilość tlenu oznaczona w badanej wodzie po inkubacji [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$].

Ćwiczenie 4

Wykonaj oznaczenie odczynu wody za pomocą wskaźnika Yamady.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przypomnieć sobie regulamin pracowni i zasady bhp obowiązujące przy wykonywaniu prac laboratoryjnych,
- 2) zapoznać się z zamieszczonymi instrukcjami wykonania ćwiczenia,
- 3) przygotować stanowisko pracy zgodnie z zasadami bhp i ergonomii,
- 4) dobrać odpowiedni sprzęt i odczynniki,
- 5) przygotować wskaźnik Yamady,
- 6) przeprowadzić oznaczenie pH wody za pomocą wskaźnika Yamady,
- 7) zapisać obserwacje i wyniki,
- 8) sprzątnąć stanowisko pracy, umyć sprzęt i zabezpieczyć odczynniki,
- 9) sporządzić sprawozdanie z przeprowadzonych analiz zgodnie z zasadami podanymi przez nauczyciela.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja sporządzania wskaźnika Yamady,
- instrukcja oznaczenia pH za pomocą wskaźnika Yamady,
- próbki wody do badania z co najmniej trzech różnych źródeł,
- odczynniki:
 - błękit tymolowy,
 - czerwień metylowa,
 - błękit bromotymolowy,
 - fenolftaleina,
 - alkohol etylowy,
 - roztwór NaOH o stężeniu $0,05 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$,
- sprzęt:
 - waga analityczna,
 - kolba miarowa o pojemności 100 cm^3 ,
 - kolba stożkowa o pojemności 250 cm^3 ,
 - butelka do przechowywania wskaźnika,

- pipeta.
- literatura jednostki modułowej 311[31].O2.03.

Instrukcja przygotowania wskaźnika Yamady [3]

Do kolby miarowej odmierzyć 100 cm³ alkoholu etylowego. Przebrać do kolby stożkowej i dodać 5 mg błękitu tymolowego, 12,5 mg czerwieni metylowej, 30 mg błękitu bromotymolowego i 100 mg fenoloftaleiny. Do tak przygotowanego roztworu dodawać po 5 kropli roztworu NaOH, aż do wystąpienia barwy zielonej. Przygotowany wskaźnik przebrać do butelki.

Instrukcja oznaczenia pH wody za pomocą wskaźnika Yamady

Próbkę badanej wody wlać do probówki i dodać 2 – 3 krople wskaźnika Yamady. Barwę otrzymanego roztworu porównać z podaną skalą barw.

Tabela 6. Barwa wskaźnika Yamady w zależności od pH roztworu [4]

pH roztworu	barwa roztworu
4	czerwony
5	pomarańczowy
6	żółty
7	zielony
8	niebieski
9	indygo
10	fioletowy

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) scharakteryzować główne zanieczyszczenia wód naturalnych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) scharakteryzować główne źródła zanieczyszczenia wody?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić wpływ zanieczyszczeń wody na zdrowie człowieka?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić wpływ zanieczyszczeń wody na środowisko?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) przedstawić mechanizmy przemian zanieczyszczeń w wodach powierzchniowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) zbadać wybrane wskaźniki fizyko-chemiczne jakości wody zgodnie z instrukcją?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.3. Ochrona hydrosfery przed zanieczyszczeniem

4.3.1. Materiał nauczania

Procesy samooczyszczania się wód

Na samooczyszczanie się wód powierzchniowych składa się wiele procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych. Wśród nich można wyróżnić trzy najważniejsze procesy:

Biodegradacja związków organicznych, w której oprócz bakterii nitryfikujących i denitryfikujących mogą brać udział także wirusy, ameby, mięczaki, rośliny wodne, grzyby drożdżowe i pleśniowe. Szybkość procesu biodegradacji uzależniona jest od:

- temperatury wody, która nie może być zbyt niska (poniżej 5°C biochemiczny rozkład w ogóle nie zachodzi), ani zbyt wysoka (mikroorganizmy giną w wysokich temperaturach),
- zawartości substancji toksycznych (szczególnie detergentów, pestycydów, cyjanków, węglowodorów ropopochodnych, metali ciężkich), które niszczą mikroorganizmy,
- pH wody, którego optymalna wartość wynosi 7,5 – 8,5,
- zawartości tlenu w wodzie,

Sedymentacja, czyli opadanie cząsteczek zawieszin na dno zbiornika pod wpływem siły grawitacji. Zjawisko to powoduje zmniejszenie się mętności wody i wytworzenia się osadów dennych. Sedymentacja uzależniona jest od prędkości przepływu wody i w zbiornikach wody stojącej następuje intensywniej niż w wodach płynących.

Adsorpcja, czyli gromadzenie się zanieczyszczeń na powierzchni dna, brzegów i ciał stałych zanurzonych w wodzie, na skutek oddziaływania sił van der Waalsa.

W klimacie umiarkowanym samooczyszczanie się wód płynących zachodzi na długości 200 – 300 km od źródła skażenia. Zachodzi intensywniej w rzekach płynących przez liczne progi wodne. Woda w kaskadach jest silnie mieszana i bardzo dobrze napowietrzona co przyspiesza biodegradację. Pozytywną rolę w procesie samooczyszczania odgrywa także roślinność porastająca brzegi, która absorbuje z wody związki biogenne. Również liczne, czyste dopływy ułatwiają rozkład związków organicznych poprzez obniżenie stężenia zanieczyszczeń.

W wodach stojących proces samooczyszczania przebiega podobnie tylko z mniejszą intensywnością. Główną tego przyczyną jest mniejsza zawartość tlenu w wodzie (spowodowana minimalnym tylko ruchem wody).

Działania wpływające na zmniejszenie zanieczyszczeń hydrosfery

Aby zmniejszyć zanieczyszczenie wód naturalnych, należy przede wszystkim ograniczyć dopływ ścieków. Celowi temu służy:

- ograniczenie wodochłonności procesów przemysłowych,
- oszczędność wody w gospodarstwach domowych,
- zakaz wprowadzania nieoczyszczonych ścieków do wód i gleby,
- rozbudowa sieci kanalizacyjnych,
- budowa oczyszczalni ścieków komunalnych i przemysłowych,
- budowa przydomowych oczyszczalni ścieków na terenach pozbawionych kanalizacji,
- budowa sanitariatów w obiektach turystycznych,
- zakaz rolniczego wykorzystania gnojowicy i ścieków bytowych w bezpośrednich zlewniach rzek i jezior,
- utrzymanie trwałej pokrywy roślinnej na brzegach jezior i rzek (rośliny zatrzymują związki biogenne wyplukiwane z gleby),

- prowadzenie czynnej ochrony zespołów ryb i zakaz wsypywania do jezior i rzek różnorodnych „zanęt” dla ryb,
- ograniczenie zaśmiecania jezior i rzek.

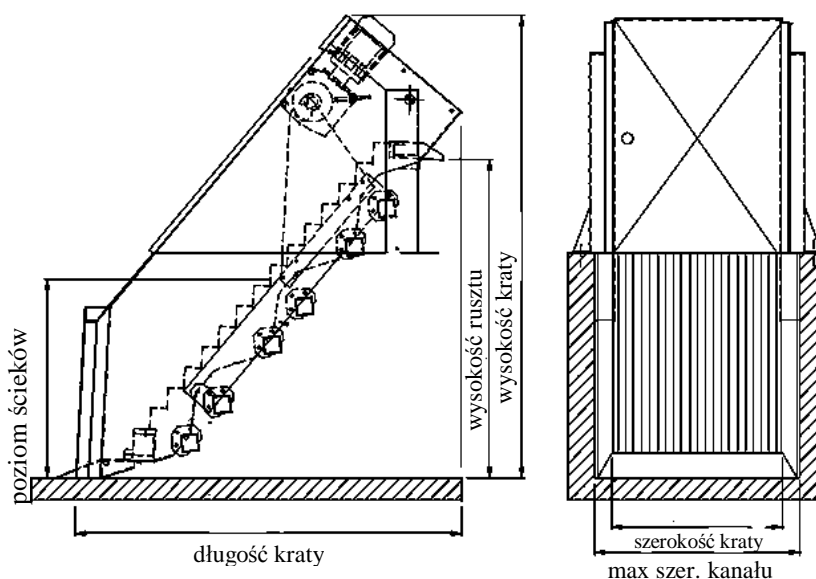
Metody uzdatniania wody i oczyszczanie ścieków

Uzdatnianie wody to kolejno następujące po sobie procesy, w których z wody usuwane są znajdujące się w niej zanieczyszczenia i składniki, których stężenie przekracza dopuszczalne normy. Normy dopuszczalnych stężeń są różne w zależności od celu, do którego woda ma być zastosowana. Uzdatnianie wody prowadzi się w celu doprowadzenia jej do jakości, która odpowiada przewidywanemu wykorzystaniu. Przykładowo, jeżeli woda ma być użyta do celów spożywczych, to nie może zawierać żadnych substancji w ilości mogącej zaszkodzić zdrowiu człowieka. Jeżeli woda ma zasilić kotły parowe, to musi być pozbawiona składników wywołujących twardość wody, które mogłyby wytrącić się w urządzeniu w postaci osadu.

Oczyszczaniem ścieków nazywamy usuwanie z nich zanieczyszczeń w celu zminimalizowania ich szkodliwego wpływu na środowisko. Wybór procesów oczyszczania ścieków zależy od ich składu. Wiele procesów stosowanych do uzdatniania wody jest również wykorzystywana do oczyszczania ścieków. Jedynie metody biologiczne stosowane są tylko w technologii ścieków.

Uzdatnianie wody

Wody powierzchniowe niosą ze sobą wiele zanieczyszczeń fizycznych (mechanicznych), które należy z nich usunąć w czasie uzdatniania. Wydzielenie największych zanieczyszczeń mechanicznych odbywa się w **procesie cedzenia** na tzw. kratkach (rys.4) i sitach, na których oddzielone zostają największe zanieczyszczenia mechaniczne. Produktem ubocznym procesu cedzenia są tzw. skratki czyli osadzone na kratkach i sitach zanieczyszczenia. Skratki usuwa się ręcznie lub mechanicznie. W sposób ciągły (mechanicznie) lub okresowo. Następnie, w zależności od składu, poddaje się je kompostowaniu lub składowi na wysypiskach. Kraty zatrzymują najgrubsze frakcje zanieczyszczeń, sita – drobniejsze (ok. 5 mm). Zarówno kraty, jak i sita podzielić można ze względu na prześwit na rzadkie (o największym prześwicie), średnie i gęste.

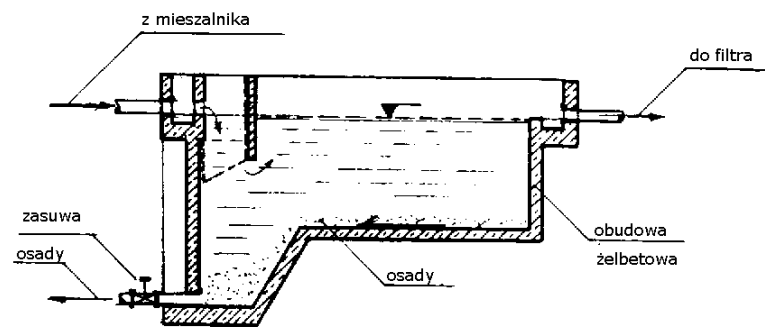


Rys. 4. Schemat kraty schodkowej oczyszczanej mechanicznie [13]

Po wydzieleniu z wody najgrubszych zanieczyszczeń (cedzenie) należy usunąć z niej zawiesiny.

Sedymentacja

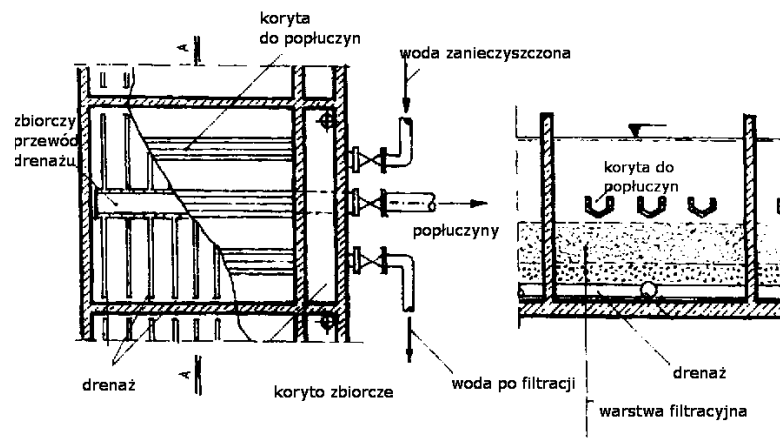
Do usuwania zawiesin z wody służą procesy sedymentacji, koagulacji oraz filtracji. Wybór konkretnego rozwiązania zależy od składu wody. Sedymentacja polega na powolnym przepuszczaniu wody przez zbiornik o odpowiedniej głębokości i długości (lub średnicy w przypadku urządzeń radialnych). Sposób prowadzenia procesu uzależniony jest od stężenia zawiesiny w wodzie, wielkości wydzielanych cząstek oraz ich podatności do łączenia się w większe skupiska. Sedymentację przeprowadza się w urządzeniach zwanych osadnikami (rys. 5), w których wydziela się z wody zawiesiny łatwo opadające. Wydzielone z wody zanieczyszczenia tworzą na dnie osadnika osad, który następnie usuwany jest z urządzenia i zagospodarowywany w zależności od składu.



Rys. 5. Schemat osadnika o przepływie poziomym [5]

Filtracja

W celu wydzielenia jeszcze mniejszych zawiesin wykorzystuje się proces filtracji, czyli przepuszczania wody przez złoża porowate. Oprócz działania mechanicznego, polegającego na cedzeniu wody przez wypełnienie filtra (rys. 6), w czasie filtracji zachodzą także procesy oczyszczania biologicznego dzięki bakteriom nagromadzonym w złożu. Nie mają one jednak większego znaczenia.



Rys. 6. Schemat filtra pośpiesznego [5]

Oprócz filtrów do klarowania wody (czyli mechanicznego cedzenia wody) w technologii uzdatniania wody stosuje się również filtry specjalne:

- do usuwania żelaza i manganu,
- adsorpcyjne (do doczyszczania wody),
- kontaktowe (do koagulacji),
- jonity (do wymiany jonowej),
- filtry namywane, które oprócz konwencjonalnego materiału filtracyjnego mają naniesioną cienką warstwę masy filtracyjnej złożonej z substancji powierzchniowo-czynnej.

Ze względu na prędkość przepływu wody przez urządzenie filtry dzieli się na powolne, pośpieszne i super pośpieszne. Największą skuteczność oczyszczania mają filtry powolne, ale wymagają dużych powierzchni i długiego czasu działania. Najczęściej wykorzystywane są filtry pośpieszne ze względu na krótki czas przepływu i jednocześnie stosunkowo niewielkie wymiary.

Koagulacja

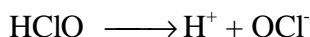
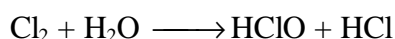
Jeżeli woda zawiera wiele koloidów i zawiesin trudno opadających, to proces filtracji poprzedza koagulacja, czyli łączenie się zawiesin i koloidów w większe skupiska zwane aglomeratami pod wpływem specjalnego środka chemicznego, zwanego koagulantem (dalsze informacje na temat koagulacji znajdziesz w Poradniku do modułu „Gospodarowanie materiałami, energią, wodą kotłową i technologiczną”). Koagulację przeprowadza się w komorach koagulacji, klarownikach lub filtrach kontaktowych. Proces koagulacji poprzedzony jest przygotowaniem roztworu koagulantu.

Dezynfekcja

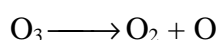
W uzdatnianiu wody do celów spożywczych niezwykle ważny jest proces dezynfekcji, czyli usuwania zanieczyszczeń biologicznych (wirusów i bakterii). W celu zniszczenia mikroorganizmów do wody wprowadzane są tzw. dezynfektanty. W Polsce do dezynfekcji wody najczęściej wykorzystuje się:

- chlor wolny dodawany do wody w postaci wody chlorowej,
- tlenek chloru(IV),
- ozon.

W czasie chlorowania wody wolnym chlorem zachodzą następujące reakcje chemiczne:



Powstający jon OCl^- jest aktywnym środkiem utleniającym i dezynfekcyjnym. Niestety w czasie chlorowania wody zawierającej związki organiczne dochodzi do wielu reakcji ubocznych z wytworzeniem związków rakotwórczych. Bezpieczniejszą metodą dezynfekcji wody jest jej ozonowanie. Ozon wprowadzony do wody rozpada się na tlen cząsteczkowy i tlen atomowy zgodnie z równaniem:



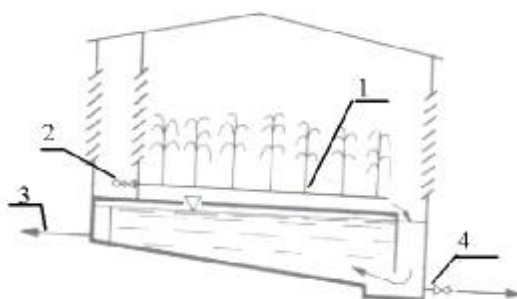
Właściwości silnie utleniające i dezynfekujące posiada wydzielający się tlen atomowy. W czasie ozonowania nie wydzielają się związki szkodliwe, ale działanie ozonu jest krótkotrwałe. W celu zwiększenia skuteczności ozonowania wodę przed wprowadzeniem do sieci wodociągowej dodatkowo się chloruje niewielką dawką chloru.

Napowietrzanie

Ze względu na inny skład wód podziemnych i powierzchniowych, wody podziemne uzdatniane są nieco innymi metodami. Wody podziemne są niemal wolne od zawiesin i zawierają niewiele tlenu. W swym składzie posiadają jednak znaczne ilości związków mineralnych i tlenku węgla(IV). Nadmierna ilość związków mineralnych może być szkodliwa zarówno dla zdrowia, jak i dla procesów technologicznych. Obecność tlenku węgla(IV) zwiększa właściwości korozyjne wody. Z tego powodu początkowym procesem uzdatniania wód podziemnych jest napowietrzanie (aeracja), które ma na celu usunięcie z wody tlenku węgla(IV) i wstępne utlenienie związków żelaza i manganu (utlenione związki żelaza i manganu wydzielają się w postaci nierozpuszczalnych wodorotlenków, które można usunąć w procesie filtracji). Napowietrzanie prowadzi się następującymi metodami:

- wprowadzając wodę do powietrza,
- wprowadzając powietrze do wody,
- metodą mieszaną (równoczesne wprowadzanie wody i powietrza).

Napowietrzanie prowadzone jest w urządzeniach zwanych aeratorami (rys. 7)

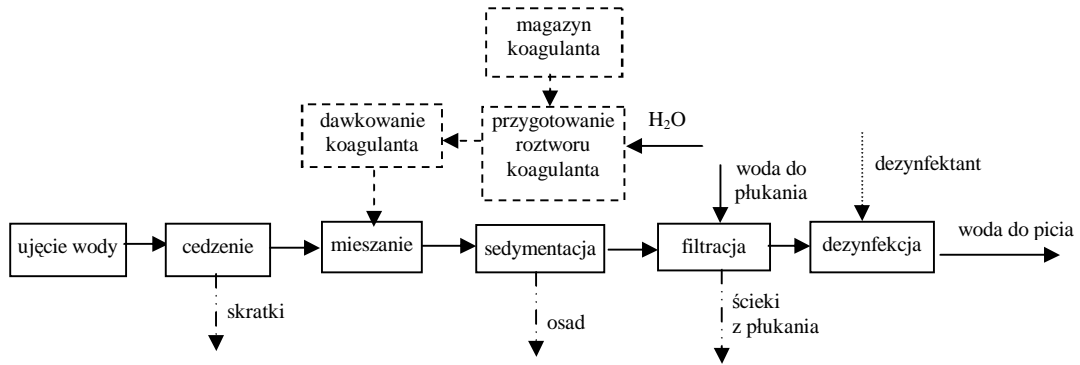


Rys. 7. Aerator rozdeszczający (wprowadzający wodę do powietrza) [1]

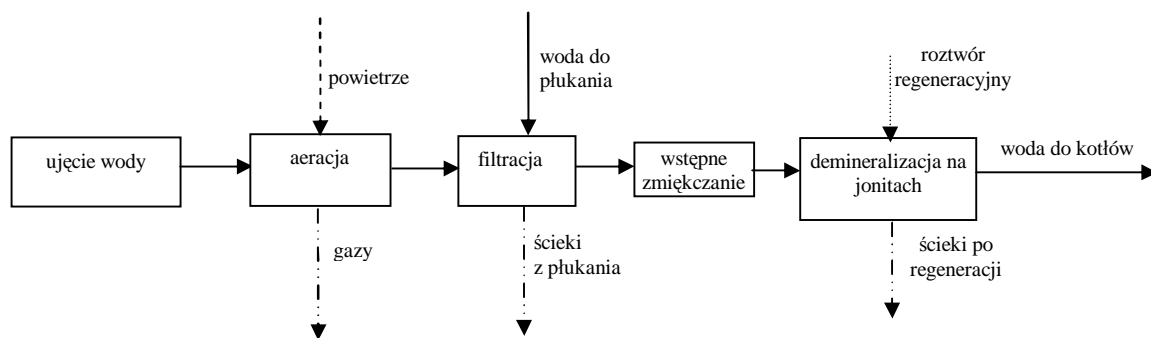
1 – dysze rozdeszczające (amsterdamskie), 2 – doprowadzenie uzdatnianej wody, 3 – odprowadzenie wody napowietrzanej, 4 – spust

Po procesie napowietrzania wody podziemne podaje się filtracji i dezynfekcji.

Woda do celów przemysłowych wymaga innych metod uzdatniania niż woda do celów spożywczych. Najczęściej nie jest poddawana dezynfekcji, ale za to procesom zmiękczenia, odsalania, demineralizacji, odgazowania i odolejania (bliższe informacje na temat procesów zmiękczenia i demineralizacji znajdziesz w Poradniku do modułu „Gospodarowanie materiałami, energią, wodą kotłową i technologiczną”). Przykładowe uproszczone schematy ciągów technologicznych do uzdatniania wód powierzchniowych i podziemnych przedstawiają rysunki 8 i 9.



Rys. 8. Uproszczony schemat technologiczny uzdatniania wody powierzchniowej z koagulacją do celów spożywczych [opracowanie własne]



Rys. 9. Uproszczony schemat technologiczny uzdatniania wód podziemnych do celów kotłowych [opracowanie własne]

Oczyszczanie ścieków

Większość procesów stosowanych w uzdatnianiu wody jest także wykorzystywanych w oczyszczaniu ścieków. Podstawową różnicą pomiędzy technologią wody a ścieków jest zastosowanie w oczyszczalniach procesów biologicznych, których nie wykorzystuje się w stacjach uzdatniania wody.

Oczyszczanie ścieków dzieli się na cztery etapy:

- I stopnia, najczęściej mechaniczne,
- II stopnia, biologiczne lub chemiczne,
- III stopnia, czyli doczyszczanie ścieków z usuwaniem substancji biogennych,
- IV stopnia, tzw. odnowa wody, której zadaniem jest doprowadzenie ścieków do jakości wody użytkowej.

Oczyszczanie I stopnia

Oczyszczanie I stopnia najczęściej jest tylko procesem wstępnym przed dalszą obróbką ścieków. Na tym etapie wykorzystywane są proste procesy fizyczne, takie jak: cedzenie, sedymentacja i filtracja (opisane przy opisie uzdatniania wody). Procesy te umożliwiają usunięcie ze ścieków: dużych zanieczyszczeń pływających i włączonych, cząstek ziarnistych, zawiesin łatwoopadających, tłuszczów i olejów. Oczyszczanie I stopnia może być poprzedzone napowietrzaniem, które stosuje się do odświeżania zagniętych ścieków.

Usuwanie tłuszczów i olejów

Tłuszcze i oleje wydzielane są ze ścieków w tzw. odtłuszczaczach (separatorach tłuszczu), które wykorzystują w swym działaniu zjawisko flotacji. W czasie powolnego przepływu

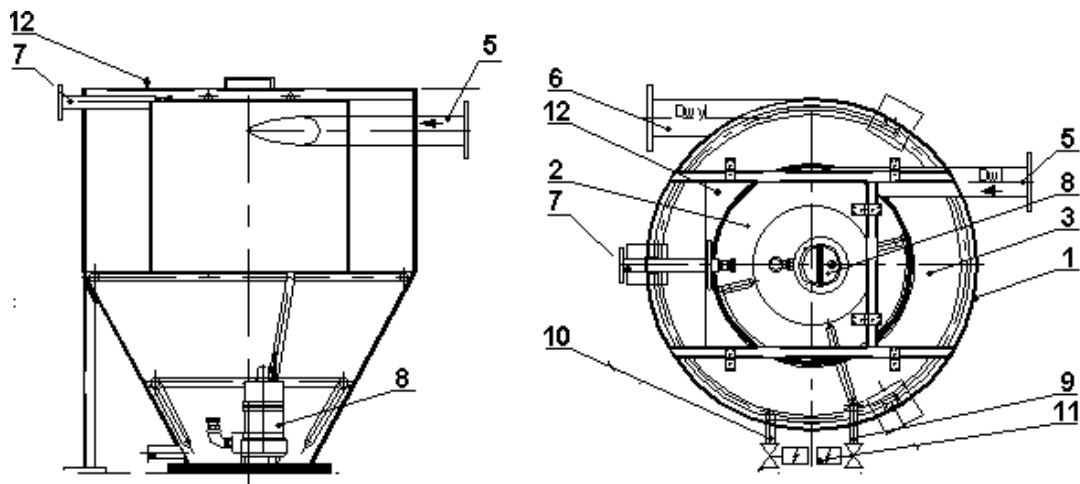
ścieków przez urządzenie cząsteczki lżejsze od wody wypływają na wierzch zbiornika, skąd są zbierane, a oczyszczone ścieki odprowadzane są do dalszej obróbki. Umieszczone na środku separatora przegrody ułatwiają rozdział wody i zanieczyszczeń (rys. 10).



Rys. 10. Schemat separatora tłuszczu [11]

Sedymentacja w piaskownikach

Cząstki ziarniste (np. piasek, popiół) usuwane są w piaskownikach (rys. 11), w których zachodzi zjawisko sedymentacji podobnie jak w osadnikach. Wydzielone z wody zanieczyszczenia odprowadzane są w postaci osadu.



Rys. 11. Schemat piaskownika pionowo-wirowego przedmuchiwanego [11]

- 1 – obudowa piaskownika, 2 – komora wewnętrzna, 3 – komora zewnętrzna, 4 – komora gromadzenia piasku,
 5 – króciec dopływowy, 6 – króciec odpływowy, 7 – odprowadzenie piasku, 8 – pompa usuwania piasku,
 9 – króciec dopływowy powietrza do wzruszania piasku, 10 – króciec powietrza rusztu napowietrzającego,
 11 – elektrozawory, 12 – pokrywy rewizyjne, 13 – kolumna wsporcza

Oczyszczanie II stopnia

Oczyszczanie II stopnia prowadzone jest przeważnie metodami biologicznymi, w czasie których wykorzystywane są naturalne zjawiska, takie jak rozkład związków biologicznych i nityfikacja (opisane przy procesach samooczyszczania wody). Procesy biologiczne obniżają BZT₅ ścieków nawet o 95%. Najbardziej rozpowszechnionymi metodami biologicznego oczyszczania ścieków jest zastosowanie komór osadu czynnego i złóż biologicznych.

Komory osadu czynnego

Osad czynny to mieszanina pływających w toni wodnej mikroorganizmów (głównie bakterii *Acinetobacterium*, *Pseudomonas*, *Zoogloea*, *Enterobacteriaceae*, *Aeromonas*, *Flavobacterium*, *Achromobacter* i *Micrococcus*). Zanieczyszczenia organiczne są absorbowane przez mikroorganizmy i mineralizowane w procesach ich metabolizmu. Metoda ta wymaga doprowadzenia tlenu, którego stężenie w ściekach powinno wynosić $> 0,5 \text{ mg dm}^{-3}$, oraz intensywnego mieszania. Często funkcje mieszania spełniają dysze napowietrzające, które łączą w działaniu funkcję mieszadeł i aeratorów (turbiny napowietrzających). Po zakończeniu napowietrzania ścieki przepływają do osadnika wtórnego, w którym następuje wydzielenie osadu czynnego. Część osadu zwracana jest do procesu a część, zwana osadem nadmiernym, odprowadzana jest z osadnika i poddawana odwodnieniu i fermentacji lub suszeniu. Osad czynny może być także wykorzystywany do usuwania ze ścieków amoniaku, siarkowodoru i innych gazów w nich rozpuszczonych przy udziale bakterii z grupy autotrofów, takich jak: *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus* i *Nitrobacter* oraz *Beggiatoa*, *Thiotrix*, *Thioploca* i *Thiobacillus thioiparus*.

Złoża biologiczne

Złoża biologiczne składają się z rusztu, na którym ułożona jest warstwa kruszywa. Przez ruszt złoże jest napowietrzane sprężonym powietrzem. Ścieki doprowadzane są od góry. Na powierzchni wypełnienia tworzy się błona biologiczna, w skład której wchodzi mikroorganizmy roślinne i zwierzęce. Ich działanie polega na utlenieniu i mineralizacji substancji zawartych w ściekach. Warunkiem skutecznego działania złoża jest odpowiednie natlenienie całej objętości złoża, równomierne rozłożenie ładunku ścieków na złożu i odpowiednia ilość błony biologicznej. Zbyt duże stężenie zanieczyszczeń w ściekach powoduje zarastanie złoża, aby temu zapobiec stosuje się recyrkulację ścieków oczyszczonych. Nadmiar błony biologicznej odprowadzany jest do osadników wtórnych, a następnie jest odwadniany i fermentowany lub suszony. Złoża można podzielić na zraszane (niskoobciążone) i splukiwane (wysokoobciążone).

Oczyszczanie III stopnia

W III stopniu oczyszczania stosuje się kombinacje różnych rodzajów metod, takich jak: klarowanie, filtracja, chemiczne strącanie lub doczyszczanie biologiczne. Podstawowym zadaniem III stopnia oczyszczania jest usunięcie fosforu i azotu (substancje biogenne). W tym celu stosuje się np. koagulację wapnem, która umożliwia usunięcie zarówno związków fosforu, jak i azotu. Niestety, wydzielający się w procesie osad zawierający fosfor musi być specjalnie traktowany. Nie może zostać poddany fermentacji metanowej, ponieważ w warunkach beztlenowych ulega redukcji i hydrolizuje co powoduje, że uwalniany jest do cieczy osadowej i krąży w coraz większych ilościach w obiegu oczyszczalni. Inną metodą usuwania związków biogennych jest denitryfikacja, która zachodzi identycznie jak w procesach samooczyszczania się wód, przy ograniczonym dostępie tlenu. Azot można też usunąć metodami chemicznymi, stosując procesy: adsorpcji, wymianę jonową oraz odpędzania amoniaku w wieżach desorpcyjnych.

Oczyszczanie IV stopnia

Odnowa wody polega na usuwaniu z oczyszczanych ścieków resztkowych zanieczyszczeń, które nie uległy rozłożeniu, tzw. związków refrakcyjnych. Nierozłożone związki organiczne usuwa się metodami innymi niż biologiczne, np. przez sorpcję na węglu aktywowanym lub utlenianie ozonem. Sorpcja na węglu to skuteczna, ale bardzo droga metoda. Refrakcyjne związki mineralne usuwane są ze ścieków przy wykorzystaniu:

- koagulacji,
- wymiany jonowej (bliższe informacje znajdziesz w Poradniku do modułu „Gospodarowanie materiałami, energią, wodą kotłową i technologiczną”),
- odwróconej osmozy (procesy membranowe),

- elektrolizy,
- wymrażania.

Związki refrakcyjne są substancjami trudno usuwalnymi. Nie ma uniwersalnej metody, która usuwałaby wszystkie te zanieczyszczenia. Szeroko stosowane jest więc łączenie różnych metod i procesów, np. koagulacji, sedymentacji, filtracji i sorpcji na węglu aktywnym.

Zagospodarowanie osadów ściekowych

Oprócz doboru odpowiednich procesów i urządzeń do skutecznego oczyszczania ścieków, dodatkowym problemem w oczyszczalniach jest zagospodarowanie osadów ściekowych. Surowe osady są niebezpieczne sanitarnie, zawierają pasożyty, bakterie chorobotwórcze i wirusy. Dodatkowo osady te łatwo zagniwają, czyli rozkładają się beztlenowo, co wiąże się z wydzielaniem bardzo uciążliwych zapachów.

Stabilizacja osadów ściekowych

Stabilizacja likwiduje zdolność osadów do zagniwania. W czasie stabilizacji następują zmiany w zawartości wody, zmiany w zawartości i właściwościach cząstek osadu oraz zmiany ilości rozpuszczonych gazów. Stabilizację można prowadzić metodami chemicznymi, biologicznymi i termicznymi. Wybór metody stabilizacji osadów zależy od sposobu jego dalszego wykorzystania oraz od wielkości oczyszczalni. Osady kierowane do spalania lub granulacji termicznej nie wymagają stabilizacji biologicznej czy chemicznej.

Zagęszczanie osadów

W procesie zagęszczania z osadów usuwana jest woda wolna. Może być ona usunięta w procesie odstania czy odsączania. Zagęszczanie można prowadzić następującymi metodami:

- grawitacyjnie w osadnikach lub zagęszczaczach, wykorzystujących zjawisko sedymentacji,
- flotacyjnie poprzez wynoszenie cząstek osadu za pomocą powietrza na powierzchnię zagęszczacza,
- mechanicznie poprzez filtrację lub wirowanie.

Odwadnianie osadów

W procesie odwadniania usuwana jest woda kapilarna. Najczęściej wykorzystywanym urządzeniem do odwadniania naturalnego w małych oczyszczalniach są poletka osadowe. Woda usuwana jest z osadu dzięki procesowi filtracji wody podosadowej przez piaskową warstwę filtracyjną i procesowi parowania wody nadosadowej z powierzchni poletka. Innym urządzeniem do odwadniania są laguny osadowe, czyli zbiorniki ziemne, w których warstwa osadu ma grubość od 1 do 2 m. Efektywność odwadniania w lagunach jest mniejsza niż na poletkach osadowych. Najbardziej wydajną metodą odwadniania jest odwadnianie mechaniczne prowadzone w wirówkach, różnego typu prasach lub w procesach termicznych.

Suszenie termiczne

Suszenie wykorzystywane jest do przyspieszenia usuwania wody z osadów. Prowadzone jest za pomocą gorącego powietrza lub gorących gazów spalinowych. Proces ten prowadzony jest w suszarkach rozpyłowych, obrotowych itd.

Przeróbka osadów

W zależności od składu osadów ściekowych poddawane są one różnym procesom przeróbki umożliwiającej ich dalsze gospodarcze wykorzystanie lub zminimalizowanie ich szkodliwego wpływu na środowisko. W skład przeróbki osadów wchodzi procesy:

- biologiczne (fermentacja metanowa, tlenowa stabilizacja, kompostowanie),
- chemiczne (wapnowanie),
- termiczne (termokondycjonowanie, mokre spalanie, piroliza, spalanie osadów).

Metody termiczne służą do całkowitej utylizacji osadów i usunięcia ich ze środowiska. Wapnowanie pozwala na zniszczenie chorobotwórczych drobnoustrojów i zmniejszenie zagrożenia sanitarnego związanego ze składowaniem osadów ściekowych. Metody biologiczne przygotowują osady do wykorzystania rolniczego jako nawozów.

Rodzaje oczyszczalni ścieków

Ze względu na rodzaj stosowanych procesów oczyszczalnie podzielić można na:

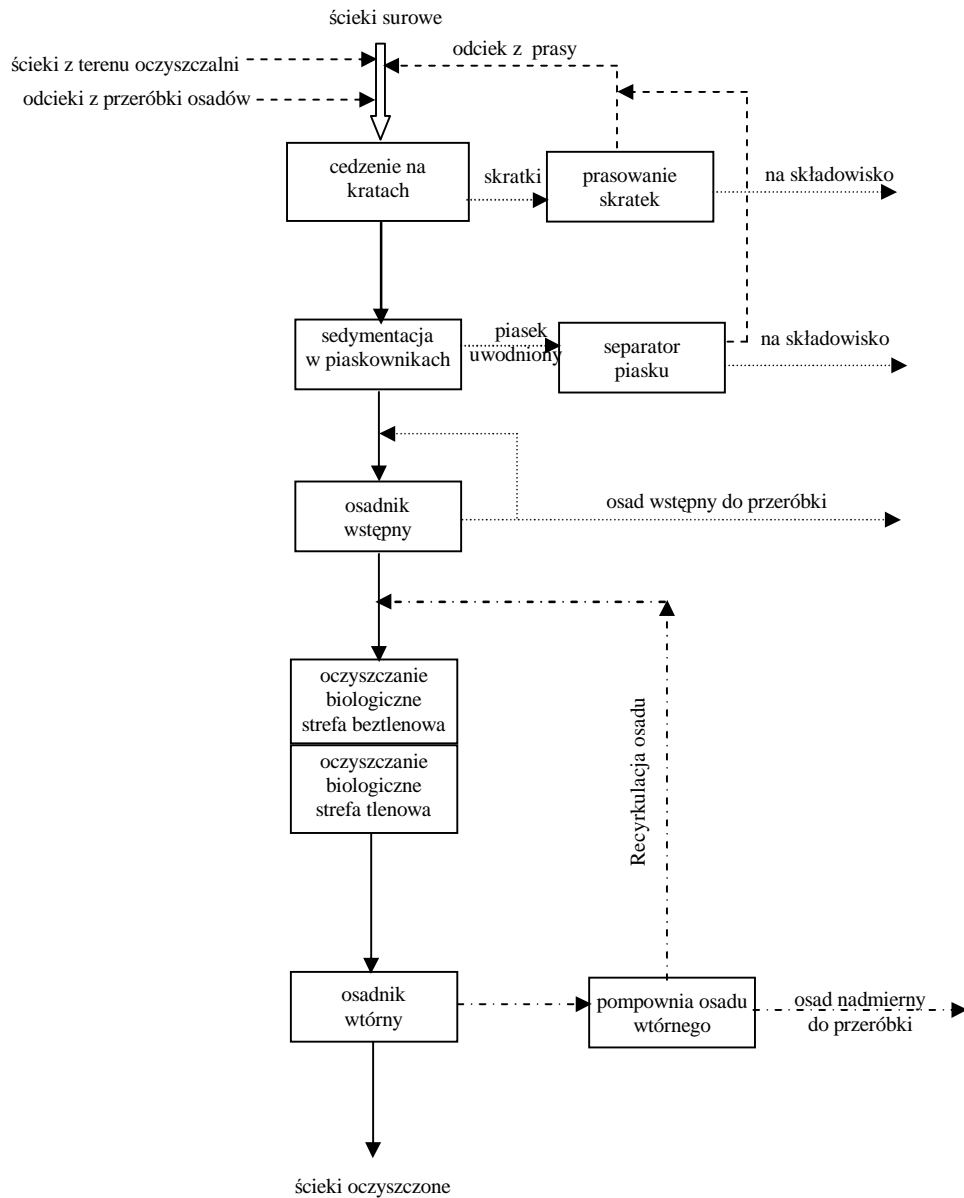
- mechaniczne,
- mechaniczno-biologiczne,
- mechaniczno-chemiczne,
- mechaniczno-chemiczno-biologiczne.

Oczyszczalnie podzielić można również ze względu na stopień oczyszczenia ścieków na:

- wstępne mechaniczne oczyszczanie z zagospodarowaniem osadów,
- pełne mechaniczne lub mechaniczno-biologiczne oczyszczanie z przeróbką osadów,
- pełne mechaniczne lub mechaniczno-chemiczne i biologiczne oczyszczanie z przeróbką osadów,
- pełne mechaniczne i biologiczne oczyszczanie z usuwaniem związków biogenych oraz przeróbką osadów ściekowych.

Większość polskich oczyszczalni ścieków komunalnych to oczyszczalnie mechaniczno-biologiczne z podwyższonym usuwaniem biogenów (I, II, III stopień oczyszczania).

Schemat blokowy takiej oczyszczalni przedstawia rys. 12.



Rys. 12. Schemat blokowy mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków komunalnych [opracowanie własne]

4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie zjawiska zachodzą w czasie samooczyszczania się wód powierzchniowych?
2. Jakie procesy wchodzi w skład mechanicznego oczyszczania wody ?
3. Jakie procesy wchodzi w skład chemicznego oczyszczania wody?
4. Jakie urządzenia stosuje się do mechanicznego uzdatniania wody?
5. W jakich urządzeniach prowadzi się koagulację wody?
6. Jakie reakcje zachodzą w czasie dezynfekcji wody?
7. Jakie procesy wchodzi w skład mechanicznego oczyszczania ścieków?
8. Jakie procesy wchodzi w skład biologicznego oczyszczania ścieków?
9. Jakie procesy wchodzi w skład chemicznego oczyszczania ścieków?
10. W jaki sposób usuwa się związki biogenne ze ścieków?
11. Jak można zdefiniować pojęcie odnowy wody?
12. W jaki sposób zagospodarowywane są osady ściekowe?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Podczas wycieczki na teren zakładowej oczyszczalni ścieków zakładów chemicznych zapoznaj się z urządzeniami i przebiegiem prowadzonych tam procesów oczyszczania ścieków.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się zasadami bhp obowiązującymi na terenie zakładów i stosować się do nich,
- 2) pobrać od nauczyciela instrukcję i kartę obserwacji, która pomoże Ci w zebraniu informacji,
- 3) zebrać informacje o procesach technologicznych prowadzonych na terenie zakładów,
- 4) zebrać informacje o składzie oczyszczanych ścieków,
- 5) zebrać informacje o procesach stosowanych do oczyszczenia tych ścieków,
- 6) zebrać informacje o urządzeniach stosowanych w procesach oczyszczania ścieków,
- 7) zebrać informacje o jakości ścieków po procesach oczyszczania,
- 8) zebrać informacje o osadach ściekowych i sposobach ich zagospodarowania na terenie oczyszczalni,
- 9) narysować schemat blokowy zwiedzanej oczyszczalni,
- 10) na podstawie wypełnionej karty obserwacji przygotować sprawozdanie zgodnie z zasadami podanymi przez nauczyciela.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja,
- karta obserwacji

Ćwiczenie 2

Przeprowadź analizę schematu typowego procesu oczyszczania ścieków komunalnych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się ze schematem typowego procesu oczyszczania ścieków komunalnych (np. rys. 12),
- 2) określić na podstawie schematu kolejność prowadzonych procesów oczyszczania ścieków,
- 3) określić na podstawie schematu produkty odpadowe z poszczególnych procesów,
- 4) określić na podstawie schematu sposób zagospodarowania produktów odpadowych z procesów,
- 5) zapisać wyniki analizy na karcie pracy,
- 6) ocenić poprawność przeprowadzonej analizy,
- 7) zaprezentować wyniki pracy na forum klasy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- przykładowy schemat oczyszczania ścieków komunalnych,
- karta pracy,
- literatura jednostki modułowej 311[31].O2.03.

4.3.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) przedstawić mechanizmy przemian zachodzących w wodach powierzchniowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) przedstawić mechanizm samooczyszczania się wód powierzchniowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) podać działania wpływające na zmniejszenie zanieczyszczenia wody?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) scharakteryzować procesy uzdatniania wody?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) scharakteryzować procesy oczyszczania ścieków?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) przedstawić na schemacie blokowym kolejność procesów uzdatniania wody?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) przedstawić na schemacie blokowym kolejność procesów oczyszczania ścieków?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) podać sposoby zagospodarowania osadów ściekowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.4. Przepisy prawne z zakresu ochrony wód

4.4.1. Materiał nauczania

Jakość wód na terenie Polski

Zasoby wodne Polski są silnie zanieczyszczone. Dotyczy to wszystkich rodzajów wód naturalnych, zarówno słodkich, jak i słonych (Morze Bałtyckie), powierzchniowych i podziemnych. Zgodnie z wynikami przeprowadzonych badań w 2004 roku jakość wód rzecznych kształtowała się następująco:

Tabela 7. Stan czystości rzek w Polsce w 2004 r. [opracowanie własne na podstawie danych GUS]

klasa czystości*	I	II	III	IV	V
% wszystkich wód poddanych badaniom	0%	2,5%	38,2%	43,3%	16,0%

*klasyfikacja zgodna z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 11.02.2004 r

I klasa – woda bardzo dobrej jakości, II klasa – woda dobrej jakości,

III klasa – woda zadowalającej jakości, IV klasa – wody niezadowalającej jakości,

V klasa – woda złej jakości

Również wody jezior w Polsce nie należą do czystych. W 2004 roku około 50% wód jeziornych było jakości niezadowalającej lub złej. Nie lepiej wygląda stan czystości zasobów wód podziemnych, który w 2004 roku kształtował się w następujący sposób.

Tabela 8. Stan czystości wód podziemnych na terenie Polski w 2004 r.

[opracowanie własne na podstawie danych GUS]

Rodzaj wód podziemnych	Wody* - w % badanych prób				
	I	II	III	IV	V
Ogółem wody podziemne	5,3	19,3	36,4	31,7	7,3
Wody głębinowe	3,1	14,4	43,8	32,5	6,2
Wody gruntowe	7,5	24,0	29,2	30,8	8,5

*klasyfikacja zgodna z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 11.02.2004 r

Przyczynami zanieczyszczenia wód w kraju jest przede wszystkim odprowadzanie ścieków (komunalnych i przemysłowych) do wód i gruntu, a także wymywanie związków biogenych z terenów rolniczych. Problem stanowią również składowiska odpadów (zwłaszcza dzikie) i odpady wyrzucane bezpośrednio do wód, a także zanieczyszczenia odprowadzane z terenów turystycznych nie przygotowanych do obsługi duże ilości turystów. Załedwie 39,6% zakładów przemysłowych posiada oczyszczalnie ścieków o wystarczającym stopniu oczyszczania. 12% odprowadza ścieki nieoczyszczone lub podczyszczone w stopniu niewystarczającym do gruntu lub wód powierzchniowych. Oprócz nieoczyszczonych ścieków przemysłowych do wód i gruntu odprowadzanych jest bez oczyszczenia 15,5% ścieków komunalnych z terenów miejskich (tabela 9). Prawdziwym problemem jest bardzo mały stopień skanalizowania terenów wiejskich, chociaż ilość wsi włączonych w system kanalizacji i podłączonych do oczyszczalni ścieków systematycznie wzrasta (tabela 9). Największe ilości nieoczyszczonych ścieków (przemysłowych i komunalnych) odprowadzane są do wód powierzchniowych i gruntu w następujących podregionach:

- miasta stołecznego Warszawy,
- centralny śląski,
- szczeciński,
- łódzki,

Tabela 9. Procent ludności z terenów wiejskich i miejskich podłączonych do kanalizacji i oczyszczalni ścieków [opracowanie własne na podstawie danych GUS]

rok	% ludności włączonej w system kanalizacji			
	ogółem	z oczyszczaniem mechanicznym	z oczyszczaniem biologicznym	z usuwaniem związków biogenych
tereny wiejskie				
1995	3,1	0,2	2,5	0,3
2004	18,4	0,4	11,4	6,6
tereny miejskie				
1995	61,1	10,1	46,4	4,6
2004	84,5	3,3	30,8	50,4

Normy zanieczyszczeń wody

Podstawowym kryterium oceny stanu czystości wody są wartości graniczne wskaźników jakości wody, dzięki którym można zakwalifikować wodę do jednej z klas czystości. W przypadku wody przeznaczonej do picia wartości graniczne wskaźników zawarte są w załączniku do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia. Rozporządzenie to dzieli wodę do celów spożywczych na trzy kategorie w zależności od standardowych procesów uzdatniania, którym muszą być poddane w celu uzyskania wody przeznaczonej do spożycia:

- kategoria A1, woda wymagająca prostego uzdatniania fizycznego, w szczególności filtracji oraz dezynfekcji,
- kategoria A2, woda wymagająca typowego uzdatniania fizycznego i chemicznego, w szczególności utleniania wstępnego, koagulacji, flokulacji, dekantacji, filtracji, dezynfekcji (chlorowania końcowego),
- kategoria A3, woda wymagająca wysokosprawnego uzdatniania fizycznego i chemicznego, w szczególności utleniania, koagulacji, flokulacji, dekantacji, filtracji, adsorpcji na węglu aktywnym, dezynfekcji (ozonowania, chlorowania końcowego)[7].

Tabela 10. Wymagania, jakim powinny odpowiadać kategorie jakości wody A1-A3 [7]

Lp.	Wskaźniki jakości wody	Jednostka miary	Wartości graniczne wskaźników jakości wody					
			A1		A2		A3	
			zalecane	dopuszczalne	zalecane	dopuszczalne	zalecane	dopuszczalne
1.	pH		6,5-8,5	6,5-8,5	5,5-9,0	5,5-9,0	5,5-9,0	5,5-9,0
2.	Barwa	mg · dm ⁻³	10	20	50	100		200
3.	Zawiesina ogólna	mg · dm ⁻³	25	25		30		35
4.	Temperatura	°C	22	25	22	25	22	25
5.	Przewodność	μS · cm ⁻¹ przy 20°C	1000	1000	1000	1000	1000	1000
6.	Zapach	stopień rozcieńczenia przy 25°C	3	3	10	10	20	20
7.	Azotany	mg · dm ⁻³	25	50		50		50
8.	Fluorki	mg · dm ⁻³	0,7-1,7	1,5	0,7-1,7	1,5	0,7-1,7	1,5
9.	Żelazo	mg · dm ⁻³	0,1	0,3	1	2	1	2
10.	Mangan	mg · dm ⁻³	0,05	0,05	0,1	0,1	1	1

Lp.	Wskaźniki jakości wody	Jednostka miary	Wartości graniczne wskaźników jakości wody					
			A1		A2		A3	
			zalecane	dopuszczalne	zalecane	dopuszczalne	zalecane	dopuszczalne
11.	Miedź	mg · dm ⁻³	0,02	0,05	0,05	0,05	1	0,5
12.	Cynk	mg · dm ⁻³	0,5	3	1	5	1	5
13.	Bor	mg · dm ⁻³	1	1	1	1	1	1
14.	Nikiel	mg · dm ⁻³		0,05		0,05		0,2
15.	Wanad	mg · dm ⁻³		1,0		1,0		1,0
16.	Arsen	mg · dm ⁻³	0,01	0,05		0,05	0,05	0,05
17.	Kadm	mg · dm ⁻³	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005
18.	Chrom ogólny	mg · dm ⁻³		0,05		0,05		0,05
19.	Chrom ⁺⁶	mg · dm ⁻³		0,02		0,02		0,02
20.	Ołów	mg · dm ⁻³		0,05		0,05		0,05
21.	Selen	mg · dm ⁻³		0,01		0,01		0,01
22.	Rtęć	mg · dm ⁻³	0,0005	0,001	0,0005	0,001	0,0005	0,001
23.	Bar	mg · dm ⁻³		0,1		1		1
24.	Cyjanki	mg · dm ⁻³		0,05		0,05		0,05
25.	Siarczany	mg · dm ⁻³	150	250	150	250	150	250
26.	Chlorki	mg · dm ⁻³	200	250	200	250	200	250
27.	Substancje powierzchniowo czynne anionowe	mg · dm ⁻³	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5
28.	Substancje powierzchniowo czynne niejonowe	mg · dm ⁻³		0,5		1		2
29.	Fosforany	mg · dm ⁻³	0,4	0,4	0,7	0,7	0,7	0,7
30.	Fenole	mg · dm ⁻³		0,001	0,001	0,005	0,01	0,1
31.	Rozpuszczone lub zemulgowane węglowodory	mg · dm ⁻³		0,05		0,2	0,5	1
32.	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne	mg · dm ⁻³		0,0002		0,0002		0,001
33.	Pestycydy ogółem	v		0,001		0,0025		0,005
34.	ChZT	mg · dm ⁻³		25		30	30	30
35.	Tlen rozpuszczony	% nasycenia tlenem	>70	>70	>50	>50	>30	>30
36.	BZT ₅	mg · dm ⁻³	<3	<3	<5	<5	<7	<7
37.	Azot Kjeldahla	mg · dm ⁻³	1	1		2	3	3
38.	Amoniak	mg · dm ⁻³	0,05	0,5	1,5	1,5	2	2
39.	Substancje ekstrahowane chloroformem	mg · dm ⁻³	0,1	0,1		0,2	0,5	0,5
40.	Ogólny węgiel organiczny	mg · dm ⁻³		5		10		15
41.	Liczba bakterii grupy coli	w 100 cm ³ wody	50	50		5000	5000	50000
42.	Liczba bakterii grupy coli typu kałowego (termotolerancyjne)	w 100 cm ³ wody	20	20		2000	20000	20000
43.	Liczba paciorkowców kałowych	w 100 cm ³ wody	20	20		1000	10000	10000
44.	Bakterie rodzaju Salmonella	w 5000cm ³ wody	nieobecne		nieobecne		-	

Oprócz wartości granicznych wskaźników zanieczyszczeń w wodach naturalnych polskie prawo określa również dopuszczalne wartości wskaźników zanieczyszczeń, które można odprowadzić wraz ze ściekami do środowiska. Dopuszczalne wartości wskaźników w ściekach komunalnych określa Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Ilości wybranych substancji szczególnie szkodliwych, które można odprowadzić do wód wraz z oczyszczonymi ściekami przemysłowymi podane są natomiast w załączniku do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 27 lipca 2004 r. w sprawie dopuszczalnych mas substancji, które mogą być

odprowadzane w ściekach przemysłowych. Przykładowe masy substancji (na przykładzie kadmu) przedstawia tabela 11.

Tabela 11. Dopuszczalna masa kadmu, która może być wprowadzona do środowiska wraz ze ściekami przemysłowymi [6]

Nazwa wskaźnika	Rodzaj produkcji	Jednostka miary	Najwyższe dopuszczalne wartości	
			średnia dobową	średnia miesięczną
Kadm [Cd]	Produkcja barwników	g Cd odprowadzanego na kg Cd wykorzystanego	0,6	0,3
	Produkcja stabilizatorów	g Cd odprowadzanego na kg Cd wykorzystanego	1,0	0,5
	Produkcja baterii galwanicznych i akumulatorów	g Cd odprowadzanego na kg Cd wykorzystanego	3,0	1,5

Inne akty prawne z zakresu ochrony wód

Z zagadnieniami ochrony hydrosfery związanych jest w Polsce wiele aktów prawnych nie tylko związanych z dopuszczalnymi wartościami wskaźników. Ogólnie zagadnienia ochrony wód reguluje ustawa Prawo Ochrony Środowiska z dnia 27.04.2001 r. (jednolity tekst ustawy z późniejszymi zmianami ogłoszono 04.07.2006 r.) oraz ustawa Prawo Wodne z dnia 18.07.2001 r. (jednolity tekst ustawy z późniejszymi zmianami ogłoszono 18.11.2005 r.), która mówi o gospodarowaniu wodami zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju, a w szczególności o kształtowaniu i ochronie zasobów wodnych i korzystaniu z wód oraz zarządzaniu zasobami wodnymi. Do *Prawa Wodnego* wydanych jest wiele aktów wykonawczych, które podają szczegółowe regulacje prawne dotyczące gospodarki wodami. Są to między innymi:

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27.12.2005 r. w sprawie należności za korzystanie ze śródlądowych dróg wodnych oraz śluz i pochylni,
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 04.10.2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać morskie wody wewnętrzne i wody przybrzeżne będące środowiskiem życia skorupiaków i mięczaków,
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 04.10.2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych,
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 06.11.2002 r. w sprawie metodyk referencyjnych badania stopnia biodegradacji substancji powierzchniowoczynnych zawartych w produktach, których stosowanie może mieć wpływ na jakość wód,
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10.12.2002 r. w sprawie śródlądowych dróg wodnych,
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23.12.2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych,
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 10.11.2005 r. w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego, których wprowadzanie w ściekach przemysłowych do urządzeń kanalizacyjnych wymaga uzyskania pozwolenia wodnoprawnego,
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23.12.2002 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać programy działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych,

Kwestię odpłatności za wprowadzanie do środowiska zanieczyszczeń wraz ze ściekami regulują następujące akty prawne:

- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 20.12.2005 r. w sprawie opłat za korzystanie ze środowiska, które mówi jaką kwotę należy zapłacić za wprowadzenie do wód lub gruntu zanieczyszczeń w ilościach nie przekraczających normy,
- Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 13.10.2006 r. w sprawie wysokości stawek kar za przekroczenie warunków wprowadzania ścieków do wód lub do ziemi oraz za przekroczenie dopuszczalnego poziomu hałasu, na rok 2007, które mówi jaką kwotę należy zapłacić w przypadku przekroczenia dopuszczalnych norm zanieczyszczeń.

Ponieważ zanieczyszczenia przenoszą się wraz z wodą na duże odległości i wpływają na stan środowiska również poza granicami kraju, Polska podpisała również umowy międzynarodowe dotyczące czystości i ochrony wód. Są to między innymi:

- Konwencja o ochronie środowiska morskiego obszaru Morza Bałtyckiego, sporządzona w Helsinkach dnia 09.04.1992 r.,
- Porozumienie o ochronie małych waleń Bałtyku i Morza Północnego, sporządzone w Nowym Jorku dnia 17.03.1992 r.,
- Konwencja o obszarach wodno-błotnych mających znaczenie międzynarodowe, zwłaszcza jako środowisko życiowe ptactwa wodnego, sporządzona w Ramsarze dnia 02.02.1971 r.

Pozostałe obowiązujące akty prawne z zakresu ochrony hydrosfery można odszukać w dziennikach ustaw, na stronach internetowych Ministerstwa Środowiska i Sejm.

4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Gdzie można znaleźć aktualne akty prawne dotyczące ochrony wód?
2. Jaki akt prawny określa ogólne zasady korzystanie z wód i ich ochrony?
3. W jakim akcie prawnym znaleźć można informacje na temat granicznych wskaźników jakości wody do celów spożywczych?
4. W jakich aktach prawnym znaleźć można informacje na temat ilości zanieczyszczeń, które można odprowadzać do środowiska wraz ze ściekami?
5. W jakim akcie prawnym znaleźć można informacje o wysokości opłat za wprowadzanie zanieczyszczeń do środowiska?
6. W jakim akcie prawnym znaleźć można informacje o wysokości kar za przekroczenie dopuszczalnych ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska wraz ze ściekami?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Na podstawie informacji zamieszczonych na etykietach środków chemicznych stosowanych w gospodarstwach domowych, określ wpływ tych środków na środowisko wodne.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zebrać etykiety z ogólnie dostępnych środków chemicznych wykorzystywanych w domu (np. proszki do prania, płyny do mycia naczyń, środki do udrażniania przewodów kanalizacyjnych),
- 2) odszukać na etykietach skład wybranych środków chemicznych,
- 3) odszukać na etykietach informacje, czy środek ulega biodegradacji,
- 4) określić na podstawie składu wpływ wybranych środków chemicznych na środowisko wodne,
- 5) ocenić poprawność dokonanej analizy,
- 6) wyniki pracy przedstawić na forum klasy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- etykiety z ogólnie dostępnych środków chemicznych wykorzystywanych w domu,
- literatura jednostki modułowej 311[31].O2.03.

Ćwiczenie 2

Zbierz informacje o źródłach zanieczyszczeń i stopniu zanieczyszczenia wód powierzchniowych w Twojej najbliższej okolicy. Na podstawie zebranych informacji i znajomości metod ochrony hydrosfery zaprojektuj sposoby ograniczenia zanieczyszczeń wody z najbliższym otoczeniu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z materiałem nauczania zawartym w tym poradniku,
- 2) pobrać od nauczyciela kartę pracy, która pomoże Ci w zebraniu informacji,
- 3) zebrać informacje o ilości i rozmieszczeniu źródeł zanieczyszczeń wody w najbliższej okolicy,
- 4) zebrać informacje o rodzaju i ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do wód przez te źródła,
- 5) zebrać informacje o stanie wód powierzchniowych w najbliższej okolicy,
- 6) przeprowadzić badania polowe wskaźników jakości wody za pomocą walizkowego zestawu do badania wody,
- 7) porównać wyniki badań polowych z zebranymi wcześniej informacjami na temat stanu czystości wody w najbliższej okolicy,
- 8) porównać wyniki badań i analizy zebranych informacji ze wskaźnikami granicznymi jakości wody,
- 9) zaklasyfikować wodę w najbliższej okolicy do jednej z kategorii czystości, na podstawie badanych (analizowanych) wskaźników,
- 10) określić, które ze wskaźników jakości należy obniżyć, aby wodę można było zaklasyfikować do wyższej kategorii czystości,
- 11) zaproponować sposoby poprawy jakości wody,
- 12) zaprezentować wyniki pracy na forum klasy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zestaw walizkowy do polowej analizy wody,
- karta obserwacji,

- Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia,
- literatura jednostki modułowej 311[31].O2.03.

4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) odnaleźć aktualnie obowiązujące akty prawne dotyczące ochrony hydrosfery?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) zastosować akty prawne z zakresu ochrony wód?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

INSTRUKCJA DLA UCZNI

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test zawiera 20 zadań wielokrotnego wyboru o różnym stopniu trudności. W każdym pytaniu tylko jedna odpowiedź jest prawidłowa.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi, stawiając w odpowiedniej rubryce znak X. W przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową.
6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
7. Kiedy udzielenie odpowiedzi będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci czas wolny.
8. W czasie pracy możesz korzystać z kalkulatora do wykonywania niezbędnych obliczeń.
9. Na rozwiązanie testu masz 45 min.

Powodzenia

ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Duże ciepło parowania wody:
 - a) umożliwia migrację wody w tkankach,
 - b) zwiększa odporność organizmów na mróz,
 - c) zapobiega nadmiernej transpiracji,
 - d) umożliwia dysocjację elektrolityczną
2. Struktura polarna cząsteczki wody umożliwia:
 - a) odżywanie się roślin jonami,
 - b) pęcznienie błon i koloidów,
 - c) migrację wody w kapilarach glebowych,
 - d) małą masę roślin i zwierząt.
3. Do zanieczyszczeń fizjologicznych wody należy:
 - a) białko,
 - b) fenol,
 - c) zawiesina,
 - d) olej.
4. Do zanieczyszczeń fizycznych wody należą:
 - a) koloidy,
 - b) węglowodory aromatyczne,
 - c) siarczany(VI),
 - d) pestycydy.
5. Twardość wody wywołwana jest przez obecność w wodzie:
 - a) żelaza i manganu,
 - b) tlenu rozpuszczonego i tlenku węgla(IV),
 - c) kadmu i ołowiu,
 - d) wapnia i magnezu.
6. Rozkład związków organicznych jest przyczyną zanieczyszczenia wody:
 - a) węglowodorami,
 - b) związkami żelaza,
 - c) metalami ciężkimi,
 - d) siarkowodorem.
7. Spływy powierzchniowe z pól są przyczyną zanieczyszczenia wody:
 - a) siarkowodorem,
 - b) chlorkami,
 - c) związkami manganu,
 - d) azotanami(V).
8. Działanie amin aromatycznych zawartych w wodzie na organizm ludzki powoduje:
 - a) uszkodzenie układu nerwowego,
 - b) zaburzenia psychiczne,
 - c) powstawanie nowotworów,
 - d) uszkodzenie DNA.

9. Obecność w wodzie fosforanów powoduje:
- zjawisko eutrofizacji,
 - ograniczenie wymiany gazowej,
 - ograniczenie fotosyntezy,
 - śmierć organizmów wodnych.
10. Obecność w wodzie zawiesin powoduje:
- zmywanie śluzu z organizmów wodnych,
 - ograniczenie dostępu światła do roślin wodnych,
 - deficyt tlenowy poprzez wypieranie tlenu z wody,
 - odkładanie się metali ciężkich w organizmach ryb.
11. Reakcję denitryfikacji przedstawia równanie:
- $\text{NH}_4^+ + 1\frac{1}{2}\text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$,
 - $2\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + 5\text{H}_2 \longrightarrow \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$,
 - $\text{NO}_2^- + \frac{1}{2}\text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}_3^-$,
 - $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \longleftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.
12. Biodegradacja związków organicznych w wodzie polega na:
- wiązaniu amoniaku (do azotanów(V)) przez mikroorganizmy tlenowe,
 - rozkładzie związków organicznych do wody i tlenku węgla(IV) przez mikroorganizmy tlenowe,
 - rozkładzie związków organicznych do wody i tlenku węgla(IV) przez mikroorganizmy beztlenowe,
 - rozkładzie azotanów (V) do amoniaku przez mikroorganizmy beztlenowe.
13. W skład procesów samooczyszczania się wód nie wchodzi:
- wymywanie złóż mineralnych,
 - sedymentacja zawiesin,
 - adsorpcja zanieczyszczeń,
 - biodegradacja zanieczyszczeń.
14. Działaniem ograniczającym zanieczyszczenie wód powierzchniowych nie jest:
- zmniejszanie wodochłonności procesów przemysłowych,
 - utrzymanie trwałej szaty roślinnej wzdłuż brzegów,
 - budowa elektrowni wodnych,
 - budowa oczyszczalni ścieków.
15. Do mechanicznych sposobów oczyszczania ścieków należy proces:
- filtracji,
 - koagulacji,
 - dezynfekcji,
 - wymiany jonowej.

16. Spośród następujących wartości wskaźników jakości wody: zawiesina ogólna 25 mg dm^{-3} , azotany 45 mg dm^{-3} , fosforany $0,6 \text{ mg dm}^{-3}$, tlen rozpuszczony 60 mg dm^{-3} wskaźniki graniczne dla kategorii A2 przekracza (skorzystaj z zamieszczonego poniżej fragmentu Rozporządzenia Ministra Środowiska z 27.11.2002 r.):

- zawiesina i fosforany,
- azotany i tlen rozpuszczony,
- tlen rozpuszczony i fosforany,
- fosforany i azotany.

Fragment Rozporządzenia Ministra Środowiska z 27.11.2002 r.

lp.	Wskaźniki jakości wody	Jednostka miary	Wartości graniczne wskaźników jakości wody					
			A1		A2		A3	
			zalecane	dopuszczalne	zalecane	dopuszczalne	zalecane	dopuszczalne
1	Azotany	$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	25	50		50		50
2	Fosforany	$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	0,4	0,4	0,7	0,7	0,7	0,7
3	Zawiesina ogólna	$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	25	25		30		35
4	Tlen rozpuszczony	% nasycenia tlenem	>70	>70	>50	>50	>30	>30

17. Do usunięcia z wody mikroorganizmów służy proces:

- dezynfekcji,
- adsorpcji,
- ekstrakcji,
- sedymentacji.

18. Zachodzącą w czasie chlorowania reakcję opisuje równanie:

- $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \longleftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$,
- $\text{O}_3 \longrightarrow \text{O}_2 + \text{O}$,
- $\text{NO}_2^- + \frac{1}{2} \text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}_3^-$,
- $\text{HClO} \longrightarrow \text{H}^+ + \text{OCl}^-$.

19. Z zamieszczonej poniżej tabeli wynika, że największymi zasobami wodnymi na jednego mieszkańca na rok dysponuje:

- Polska,
- Rosja,
- Brazylia,
- USA.

Zasoby wodne wybranych państw

Nazwa państwa	Całkowite zasoby wodne [mln m^3]	Liczba mieszkańców [mln]
Brazylia	5688000	158
Polska	65620	38,6
Rosja	2664000	148
USA	3731000	266,5

20. Do rolniczego wykorzystania nadają się ścieki zawierające (skorzystaj z załączonej poniżej tabeli):

- a) 15 żywych jaj Trichuris w 2 dm³ ścieków,
- b) 2 bakterie z rodzaju Salmonella w 3 dm³ ścieków,
- c) 2 żywe jaja Toxocara sp. w 1 cm³ ścieków,
- d) 3 żywe jaja Ascaris sp. w 10 cm³ ścieków.

Warunki, jakim powinny odpowiadać ścieki przeznaczone do rolniczego wykorzystania [Rozporządzenie Ministra Środowiska z 29.11.2002 r.]

Nazwa wskaźnika	Wartość dopuszczalna
Bakterie chorobotwórcze z rodzaju Salmonella	niewykrywalne w 1 dm ³
Obecność żywych jaj pasożytów (Ascaris sp., Trichuris, Toxocara sp.)	do 10 w dm ³

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko.....

Ochrona hydrosfery

Zakreśl poprawną odpowiedź, wpisz brakującą część zdania lub wykonaj rysunek.

Nr zadania	Odpowiedź				Punkty
1.	a	b	c	d	
2.	a	b	c	d	
3.	a	b	c	d	
4.	a	b	c	d	
5.	a	b	c	d	
6.	a	b	c	d	
7.	a	b	c	d	
8.	a	b	c	d	
9.	a	b	c	d	
10.	a	b	c	d	
11.	a	b	c	d	
12.	a	b	c	d	
13.	a	b	c	d	
14.	a	b	c	d	
15.	a	b	c	d	
16.	a	b	c	d	
17.	a	b	c	d	
18.	a	b	c	d	
19.	a	b	c	d	
20.	a	b	c	d	
Razem:					

7. LITERATURA

1. Heidrich Z.: Wodociągi i kanalizacja. Cz. 1. WSiP, Warszawa 1997
2. Kowal A. Świdorska-Bróz M.: Oczyszczanie wody. PWN, Warszawa 2005
3. Łopata K.: Chemia a środowisko zbiór ciekawych doświadczeń. WSiP, Warszawa 1994
4. Skinder N.: Chemia a ochrona środowiska. WSiP, Warszawa 1991
5. Woźniak M.: Środowisko i gospodarka jego zasobami. Część I. eMPi², Poznań 2002
6. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 27 lipca 2004 r. w sprawie dopuszczalnych mas substancji, które mogą być odprowadzane w ściekach przemysłowych. Dz.U. 2004 nr 180 poz. 1867
7. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia. Dz.U. 2002 nr 204 poz. 1728
8. lab.pap.edu.pl/~monika/virtual/t6.htm
9. www.chem.uw.edu.pl/people/Amyslinski Wydział Chemii Uniwersytetu Warszawskiego
10. www.chem.univ.gda.pl/~bojirka- Wydział Chemii Uniwersytetu Gdańskiego
11. www.ecomotyl.pl
12. www.stat.gov.pl Główny Urząd Statystyczny
13. www.wdr.pl Ośrodek Postępu technicznego