

ROZPUSZCZONY TLEN

Tlen jest niezbędny do utrzymania dobrego stanu jezior i rzek. Obecność tlenu w wodzie jest objawem korzystnym, natomiast jego brak świadczy o znacznym zanieczyszczeniu wody. Zawartość tlenu w rzekach i zbiornikach wodnych może się zmieniać. W strumieniach górskich o bystrych prądach woda jest dobrze natleniona. W tych wodach występują ryby łososiowate oraz wodne owady pobierające życiodajny tlen z wody za pomocą skrzelii.

Źródła rozpuszczonego tlenu

Znaczna ilość tlenu znajdującego się w wodzie pochodzi z atmosfery. Fale na jeziorach rzekach spokojnych, a wodospady w rwących potokach powodują mieszanie się tlenu z atmosfery z wodą. Źródłem tlenu w wodzie jest również fotosynteza prowadzona przez rośliny w niej żyjące. Dzięki fotosyntezie ilość rozpuszczonego tlenu rośnie od godzin porannych do popołudniowych i jest najwyższa późnym popołudniem. Po zachodzie słońca, ilość tlenu w wodzie obniża się, ponieważ rośliny i zwierzęta nadal oddychają. Tuż przed brzaskiem ilość rozpuszczonego tlenu spada do najniższego poziomu, by znowu wzrosnąć w ciągu dnia. Duże wahania zawartości rozpuszczonego tlenu od późnego popołudnia do wczesnego ranka są typowe dla jezior, spiętrzonych zbiorników wodnych na rzekach i dla rzek o obfitej florze. W takich wodach stężenie rozpuszczonego tlenu może spaść rano poniżej 4 mg/l.

Wpływ czynników fizycznych na poziom rozpuszczonego tlenu.

O stężeniu rozpuszczonego tlenu decyduje temperatura wody. Gazy, w tym również tlen rozpuszczają się dużo łatwiej w wodzie zimnej niż w ciepłej. W klimacie umiarkowanym temperatura rzek zmienia się w zależności od temperatury powietrza. W czasie suszy poziom wód może znacznie się obniżyć, a temperatura wody wzrastać. Powoduje to obniżenie stężenia rozpuszczonego tlenu w wodzie. Opady atmosferyczne zwiększają ilość płynącej wody i ułatwiają wnikanie do wody tlenu z powietrza. W niewielkim stopniu na stężenie rozpuszczonego tlenu w wodzie ma wpływ również ciśnienie atmosferyczne. Im wyższe ciśnienie, tym stężenie tlenu w wodzie jest większe.

Działalność człowieka powodem zmian poziomu rozpuszczonego tlenu

Przyczyną zmian stężenia rozpuszczonego tlenu jest gromadzenie się w wodach odpadów organicznych, resztek obumarłych roślin i zwierząt, a także zwierzęcych fekaliiów. Również ścieki z gospodarstw domowych i zakładów przemysłowych są źródłem organicznych zanieczyszczeń. Znaczna część ścieków wykorzystywana jest, po mineralizowaniu, przez glony i rośliny naczyniowe żyjące w wodach. Kiedy rośliny obumierają, tlen zużywany jest w procesie ich rozkładu przez bakterie tlenowe.

Zmiany w biocenozach

Zarówno nagły jak i stopniowy, zanik rozpuszczonego tlenu w wodzie może spowodować istotne zmiany w biocenozie wodnej. Można wówczas obserwować zanikanie gatunków nie tolerujących zanieczyszczenia oraz liczniejsze pojawienie się gatunków odpornych. Różne organizmy wodne wrażliwe na niskie stężenie rozpuszczonego tlenu, takie jak larwy jętek, widelnic, chruścików, giną przy obniżeniu zawartości rozpuszczonego tlenu. Pojawia się wówczas zaledwie kilka grup, takich jak larwy muchówek, które są odporne na niską zawartość rozpuszczonego tlenu. W wodzie o niskiej zawartości rozpuszczonego tlenu mogą masowo rozwijać się organizmy beztlenowe (bakterie, grzyby) zachodzi też proces beztlenowego wydzielania się gazu błotnego i siarkowodoru.

Pobieranie próbek

Próbkę należy pobrać w pewnej odległości od brzegu rzeki i poniżej poziomu wody. W rzekach swobodnie płynących, w których występuje dobre mieszanie, każda próbka pobrana poniżej poziomu wody i nurcie rzeki będzie próbką reprezentatywną. Na prostych odcinkach rzek płynących swobodnie, należy próbkę pobrać z dala od brzegu, na różnych głębokościach i wymieszać je. Butelkę do pobierania próbki można przymocować do długiego pręta za pomocą elastycznego drutu.

Ocenę ilości rozpuszczonego w wodzie tlenu należy dokonać natychmiast po pobraniu próbki, gdyż inaczej zmiany chemiczne w niej zachodzące zafałszują wynik pomiaru.

UWAGA!

Pomiar należy przeprowadzić w okularach ochronnych, szczególnie gdy zachodzi konieczność potrząsania butelką. Jeśli jakkolwiek odczynnik chemiczny zetknie się ze skórą, miejsce to należy obficie spłukać czystą wodą.

Przed przystąpieniem do pomiaru stężenia rozpuszczonego tlenu, należy przygotować cztery roztwory. Na butelkach z roztworami znajdują się etykiety z informacją jaki roztwór się w niej znajduje.

Zestaw do pomiaru stężenia rozpuszczonego tlenu zawiera:

• butelkę z korkiem	250 ml
• dwie strzykawki	2 ml
• strzykawkę	10 ml
• kolbę miarową	100 ml
• kolbę stożkową	250 ml
• łyżeczkę	1 szt.
• pipetę z gumką	1 kpl.
• rękawice gumowe	1 kpl.
• dwie butelki z ciemnego szkła	50 ml
• butelkę z korkiem	500 ml
• butelkę z korkiem	100 ml
• kolbę miarową	500 ml

ODCZYNNIKI:

• siarczan manganu II ($MnSO_4$)	20,76 g
• wodorotlenek sodu ($NaOH$)	25 g
• jodek potasu (KI)	7,5 g
• kwas amidosulfonowy (NH_2SO_2OH) lub stężony kwas siarkowy (H_2SO_4)	1 ml
• tiosiarczan sodu (Na_2CO_3)	3,125 g (2 fiołki)
• chloroform	5 g
• woda destylowana	1 l

SPORZĄDZANIE ROZTWORÓW

Roztwór A – siarczanu manganu (II):

20,76 g $MnSO_4$ (zawartość fiołki) rozpuścić w 40 cm³ świeżo przegotowanej wody destylowanej. Jeżeli będzie mętny, to należy go przesączyć (w zestawie znajduje się bibuła filtracyjna). Roztwór jest trwały. Przechowywać go w zamkniętej butelce z ciemnego szkła i oznaczyć etykietą "Roztwór A".

Roztwór B – roztwór alkaiczny, roztwór jodku potasu:

25 g $NaOH$ (fiołka z zestawu) rozpuścić w 30 cm³ świeżo przegotowanej i ostudzonej wody destylowanej.

Ostrożnie! Roztwór ogrzewa się i może nawet pryskać.

W 10 cm³ takiej samej wody rozpuścić 7,5 g jodku potasu (fiolka z zestawu). Po schłodzeniu oba roztwory wymieszać. Jeżeli otrzymany roztwór ma żółte zabarwienie, to dodać do niego kilka kropli Na₂S₂O₃ (tiosiarczan sodu), aż zniknie żółtawy kolor. Roztwór jest trwały. Otrzymany roztwór przechowywać w zamkniętej butelce z ciemnego szkła i nakleić etykietę **“Roztwór B”**.

Roztwór C – roztwór tiosiarczanu sodu:

3,125 g (Na₂S₂O₃ (fiolka z zestawu) rozpuścić w świeżo przegotowanej wodzie destylowanej i dopełnić w kolbie miarowej do 500 cm³. Roztwór jest nietrwały i może być przechowywany przez 1 ÷ 2 tygodnie w zamkniętej butelce. Dodanie do roztworu szczypty Na₂SO₃ i kropli chloroformu zwiększa jego trwałość. Jeżeli nie wykorzystamy roztworu w wyznaczonym czasie, to należy go wylać i przygotować drugi, ... nowy, wykorzystując drugą fiolkę z zestawu. Na butelkę naklejamy etykietę **“Roztwór C”**.

Roztwór D – roztwór skrobi:

około 1/5 zawartości fiolki skrobi (tj. ok. 1 g) 10 cm³ letniej wody destylowanej i wymieszać. Do mieszaniny dodać 100 cm³ wrzącej wody destylowanej, wymieszać i gotować przez kilka minut. Po dwóch tygodniach należy przygotować nowy roztwór skrobi. Przełać do butelki i nakleić etykietę **“Roztwór D”**.

Pobieranie próbek do pomiaru stężenia rozpuszczonego tlenu

1. Wyjmij korek i zanurz butelkę poniżej poziomu wody w rzece. Aby uniknąć kontaktu wody z rzeki ze skórą, włóż rękawice ochronne.
2. Gdy butelka wypełni się wodą, trzymaj ją w wodzie jeszcze kilka minut, aby z butelki wydostały się pęcherzyki powietrza.
3. Podczas wyjmowania butelki z wody jeszcze raz upewnij się, czy nie ma w niej pęcherzyków powietrza.
4. Do strzykawki 2 ml pobierz roztwór siarczanu manganu (roztwór A) nieco więcej ponad linię max. Jeżeli do środka strzykawki dostanie się pęcherzyk powietrza, to odwróć ją do góry w celu usunięcia pęcherzyka powietrza.
5. Dodaj 2 ml roztworu manganu do wody w butelce (możliwie najgłębiej pod powierzchnię wody, nadmiar wody może się ulać).
6. Za pomocą drugiej strzykawki 2 ml dodaj do wody w butelce taką samą ilość jodku potasu (roztwór B), postępując podobnie jak w pkt. 5.
7. Odczekaj minutę, zacznie się tworzyć brązowy osad, który będzie się wytrącał. Zamknij dokładnie butelkę korkiem i potrząśnij jej zawartością. Umieść butelkę w bezpiecznym miejscu i odczekaj 20 min.

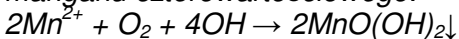
Pomiar zawartości rozpuszczonego tlenu

1. Otwórz butelkę i dodaj łyżeczkę kwasu amidosulfonowego.
2. Ponownie zamknij butelkę korkiem i przytrzymując go palcem obróć butelkę 15 ÷ 20 razy, aż osad ulegnie rozpuszczeniu. Jeżeli osad nie rozpuści się zupełnie, dodaj do butelki drugą łyżeczkę kwasu amidosulfonowego, aż do zupełnego rozpuszczenia.
3. Odmierz 100 ml roztworu do kolby miarowej i przelej go do kolby stożkowej.
4. Do strzykawki 10 ml nabierz roztworu tiosiarczanu sodu (roztwór C). Podobnie jak poprzednio, usuń ze strzykawki pęcherzyki powietrza.
5. Trzymaj kolbę stożkową w jednej ręce, a drugą ręką wkraplaj ze strzykawki, kropla po kropli, roztwór tiosiarczanu sodu. Roztwór tiosiarczanu należy dodawać powoli i potrząsać kolbą po każdej kropli. **Uważaj!** aby roztwór w kolbie nie wylał się w czasie jej potrząsania.
6. Kiedy barwa roztworu w kolbie zmieni się na jasnośłomkową, przerwij dodawanie roztworu tiosiarczanu. Bardzo ostrożnie odłóż strzykawkę, tak aby nie wylała się jej zawartość.
7. Następnie za pomocą pipety z gumką dodaj do kolby 30 kropli roztworu skrobi (roztwór D).
8. Potrząśnij kolbą, aż barwa zmieni się na niebieską lub granatową.
9. Ponownie do kolby z roztworem dodaj, kropla po kropli, roztwór C (roztwór tiosiarczanu sodu), do momentu aż barwa niebieska zniknie.
JEST TO PUNKT KOŃCOWY MIARECZKOWANIA.
10. Zanotuj całkowitą ilość zużytego tiosiarczanu. Jest ona równa sumarycznej objętości roztworu tiosiarczanu dodanej przed i po dodaniu do kolby roztworu skrobi.
11. Dla obliczenia ilości rozpuszczonego tlenu w mg/l należy objętość zużytego roztworu tiosiarczanu sodu pomnożyć przez 2. jeżeli objętość zużytego tiosiarczanu oznaczysz jako "X" i jest to wartość równoważna ilości miligramów rozpuszczonego tlenu w 0,5 l wody, to 2X ml tiosiarczanusodu odpowiada ilości rozpuszczonego tlenu w mg/l.
12. Zapisz wynik.

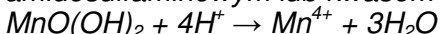
Reakcje chemiczne zachodzące przy pomiarze stężenia rozpuszczonego tlenu

Zawartość rozpuszczonego tlenu w próbce może się szybko zmienić, dlatego należy ją określić natychmiast po pobraniu próbki. Ilość rozpuszczonego tlenu określa się za pomocą reakcji redox (utleniania – redukcji) wywołanej przez dodanie siarczanu manganu II i wodo-rotlenku sodu, dodawanego jednocześnie z jodkiem potasu.

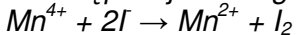
Tlen rozpuszczony w wodzie utlenia w środowisku alkalicznym jony manganu (II) do związków manganu czterowartościowego.



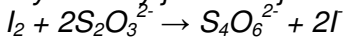
Wynikiem reakcji jest brązowy oksywodorotlenek manganu (IV), który wytrąca się. Osad oksywodorotlenku manganu (IV) rozpuszcza się w kwaśnym środowisku (zakwaszany kwasem amidosulfaminowym lub kwasem siarkowym)



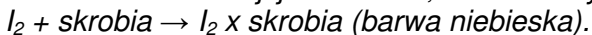
A następnie jon manganu (IV) utlenia w środowisku kwaśnym jon jodkowy do jodu.



Wydzielony jod zostaje zmiareczkowany tiosiarczanem sodu



Wskaźnikiem reakcji jest skrobia, która tworzy z jodem niebieskie połączenie:



Obliczanie stopnia nasycenia tlenem

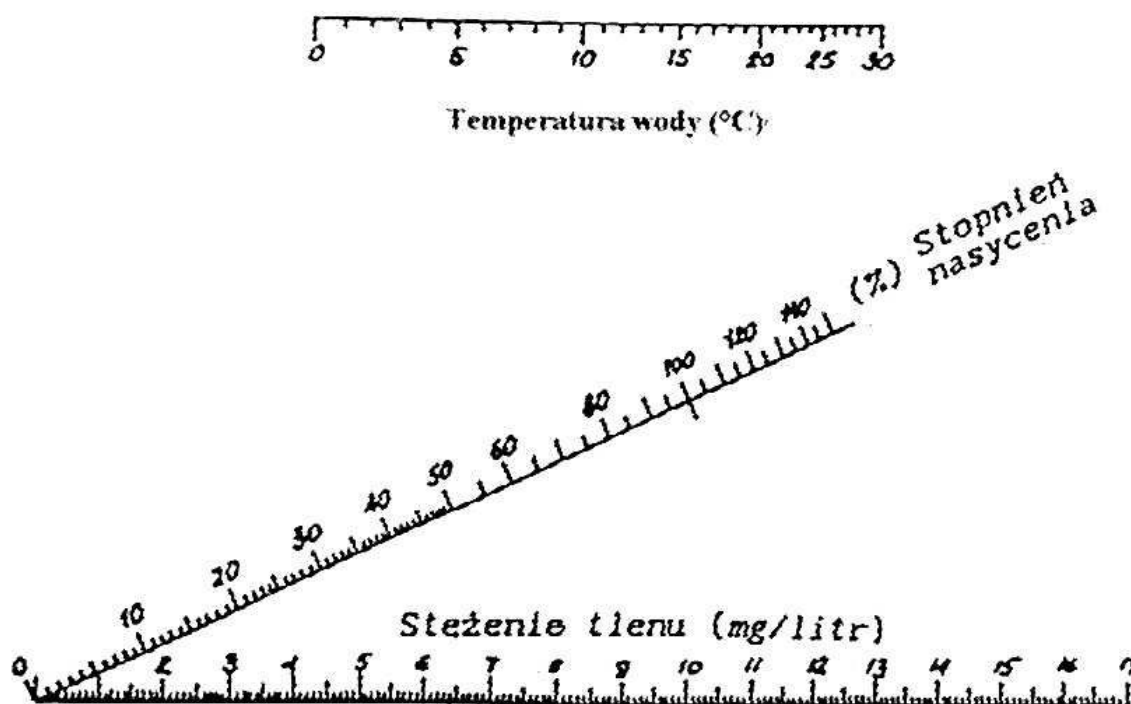
Stopień nasycenia wody tlenem wyrażony w %, determinowany jest przez temperaturę wody oraz ciśnienie atmosferyczne. Współczynniki korygujące wyniki obliczeń ze względu na ciśnienie podano w tabeli.

Ciśnienie atmosferyczne mm Hg	Współczynnik korekcyjny
775	1,02
760	1,00
745	0,98
730	0,96
714	0,94
699	0,92

W celu określenia rzeczywistego stopnia nasycenia wody tlenem, wynik otrzymany z miareczkowania należy pomnożyć przez odpowiedni współczynnik korygujący. Następnie otrzymaną skorygowaną zawartość tlenu w wodzie, wyrażoną w mg/l, należy zaznaczyć na dolnej poziomej osi wykresu obliczeniowego (nomogramu) i przeprowadzić linię prostą do odpowiedniej wartości temperatury na górnej osi poziomej. Wielkość odpowiadająca punktowi przecięcia się wyznaczonej prostej z osią ukośną wykresu określi stopień nasycenia w %.

Przykład: założmy, że stężenie rozpuszczonego tlenu wynosi 8 mg/l, a temperatura wody jest równa 15°C. Łącząc te dwie wartości prostą uzyskujemy stopień nasycenia w %.

W temperaturze 15°C należałoby oczekiwać wyższego stopnia nasycenia rozpuszczonym tlenem. Oznacza to, że w wodzie znajduje się coś, co zużywa tlen.



Nomogram do obliczania stopnia nasycenia tlenem

Generalnie rzeki, które osiągają stałe poziom nasycenia tlenem równy 90 % lub wyższy, są uważane za posiadające wody o bardzo dobrej jakości, chyba że są one przetlenione ze względu na wysoką eutrofizację.

Wnioski:

Ocenę jakościową pomiaru stopnia nasycenia wody tlenem rozpuszczonym można przeprowadzić posługując się skalą:

Punktacja	Ocena jakościowa	Stopień nasycenia %
5	doskonała	91 ÷ 110
4	dobra	71 ÷ 90; >100
3	odpowiednia	51 ÷ 700
2	niska	<50

LICZBA KOLONII BAKTERII COLI FEKALNEJ

Bakterie coli fekalnej znajdują się w odchodach ludzi i innych zwierząt stałocieplnych. Dostają się one do zbiorników wodnych i rzek wieloma drogami. Bakterie coli jako takie nie są chorobotwórcze. Znajdują się one w każdym ludzkim przewodzie pokarmowym i wspomagają trawienie pożywienia. Jeżeli w rzece liczba bakterii coli jest wysoka (więcej niż 206 bakterii) w 100 ml próbce wody, to jest prawdopodobne, że znajdują się tam również inne organizmy chorobotwórcze.

Prawdopodobieństwo nabawienia się choroby jest w tym przypadku tak duże, że raczej należy unikać kontaktu z wodą. Organizm chorobotwórczy może przenikać do organizmu ludzkiego w czasie pływania poprzez ranki na skórze, a także przez nos, usta lub uszy.

Ponieważ organizmy chorobotwórcze są bardzo rozproszone w wodzie, więc bezpośrednio ich wychwycenie jest trudne i czasochłonne. Zamiast tego kontroluje się liczby kolonii coli z uwagi na związek pomiędzy mianem coli a prawdopodobieństwem nabawienia się choroby w wyniku bezpośredniego kontaktu z wodą.

W rozdzielczych systemach kanalizacyjnych, ścieki sanitarne (z toalet, i zlewów) spływają osobnymi kanałami i są oczyszczone w oczyszczalniach ścieków. Wody atmosferyczne spływają z ulic i parkingów rynsztokami bezpośrednio do rzek. Lecz i te wody nierzadko splukują odchody ptaków i zwierząt z ulic i chodników oraz mogą wypłukiwać do rynsztoków bakterii coli z nielegalnych przyłączy sanitarnych. W zbiorczych systemach ściekowych odpływy sanitarne i atmosferyczne wspólnie dostają się do oczyszczalni ścieków.

Po silnych opadach atmosferycznych, do rzeki może dostać się znacznie więcej ścieków, co może spowodować, że liczba kolonii coli w dole rzeki będzie wysoka. Z tego powodu należy zwrócić uwagę na stany pogody w dniach przed pomiarem.

W warunkach szkolnych pomiar coli fekalnej (FC) można zastąpić przez pomiar coli całkowitej (TC). Główną różnicę pomiędzy FC a TC stanowi fakt, że bakterie coli fekalnej pochodzą z organizmów stałocieplnych, podczas gdy bakterie coli całkowitej występują we wszystkich organizmach zwierzęcych. Według najnowszych danych ilość TC jest około dziesięciokrotnie wyższa niż FC.

Coli fekalne wymagają inkubatora, podczas gdy coli całkowite mogą być inkubowane w temperaturze pokojowej lub na kaloryferze w sali lekcyjnej. Otrzymany wynik pomiaru TC należy podzielić przez 10.

Liczba kolonii coli.

Zestaw do oznaczania liczby kolonii bakterii coli zawiera:
przyrządy:

- sterylne filtry membranowe
- penseta
- lampka spirytusowa
- lejek filtracyjny z kolbą stożkową
- pipeta
- strzykawka - 10 ml