

NOTA APLIKACYJNA

Fotometr terenowy

Badania jakości wód
rzecznych, jeziornych
i podziemnych
fotometrami Exaqua

Autorzy

Maksym Łaszewski & Jęrosław Suchożębrski
Zakład Hydrologii WCSR UW

The logo for Exaqua, featuring a stylized blue wave icon to the left of the word "exaqua" in a bold, lowercase, sans-serif font.

Fotometr terenowy Badania jakości wód rzecznych, jeziornych i podziemnych fotometrami Exaqua

WPROWADZENIE

Ocena jakości wody stanowi ważny kierunek badawczy realizowany przez nas w Zakładzie Hydrologii Uniwersytetu Warszawskiego. Badania te mają charakter poznawczy – prowadzący do eksploracji uwarunkowań czasowego i przestrzennego zróżnicowania cech jakości wód rzecznych, jeziornych lub podziemnych – bądź aplikacyjny, związany z ich przydatnością. Zwłaszcza w tym drugim duchu prowadzimy zajęcia dydaktyczne w formie ćwiczeń terenowych ze studentami w różnych regionach kraju. Katastrofa ekologiczna na Odrze w 2022 roku spowodowała dodatkowe zainteresowanie tematyką jakości wód, co znalazło obecnie odzwierciedlenie w zwiększonej liczbie prowadzonych prac licencjackich i magisterskich z tego zakresu. Rozwiązaniem na rosnące zapotrzebowanie w zakresie analiz chemicznych wody okazały się fotometry marki Exaqua. Niniejszy tekst stanowi krótkie podsumowanie naszych doświadczeń, spostrzeżeń i wniosków płynących z użytkowania wspomnianych urządzeń.

The logo for Exaqua, featuring a stylized blue wave icon to the left of the word "exaqua" in a bold, lowercase, sans-serif font.

fotometr odkryty na nowo

EXAQUA PRO3 W PRACY BADAWCZO-DYDAKTYCZNEJ

Kluczową zasadą oznaczeń stężenia jonów w wodzie jest maksymalnie krótki czas pomiędzy poborem próbki wody a jej analizą. Dotyczy to zwłaszcza związków biogennych, takich jak jony azotanowe, azotynowe i amonowe, ale także jonów fosforanowych, żelaza i manganu – na skutek przemian związanych z oddziaływaniem tlenu oraz mikroorganizmów ich stężenia mogą istotnie zmieniać się w próbce wraz z upływem czasu. W rezultacie najlepszym rozwiązaniem jest analiza wody bezpośrednio w terenie, co zwalnia z konieczności konserwacji próbek oraz zwiększa wiarygodność wyników. Dodajmy do tego fakt, iż podczas ćwiczeń terenowych, prowadzonych z dala od Uniwersytetu, nie mamy dostępu do laboratorium, a wyniki kartowania hydrochemicznego są nam potrzebne niemal natychmiast. Jeszcze do niedawna jednym wyjściem było korzystanie z względnie tanich i poręcznych testów kropelkowych, nazywanych często akwarystycznymi.



Wakacyjne ćwiczenia terenowe ze studentami

Mieliśmy okazję porównać fotometr Exaqua PRO3 z innymi urządzeniami. Wypadł bardzo dobrze i był chwalony przez studentów.

Niestety, wspomniane testy nie oferowały zadowalającej dokładności oznaczeń – w przypadku niektórych jonów rozpiętość przedziałów pomiędzy kolejnymi barwami na skali była bardzo duża, a sama metoda wzrokowego określania stopnia wybarwienia próbki w sposób oczywisty niosła duży ładunek subiektywizmu. Konieczne było zatem znalezienie rozwiązania nowocześniejszego, gwarantującego dokładniejszy poziom oznaczeń. W ten sposób staliśmy się użytkownikami fotometrów Exaqua PRO3, które wykorzystujemy intensywnie w pracy badawczo-dydaktycznej.

O URZĄDZENIU

Fotometr Exaqua posiada szereg cech, nadających mu terenowy charakter. Przede wszystkim jest to urządzenie poręczne i niewielkie, a także niewymagające standardowej osłony (kapturka) gniazda pomiarowego (dzięki technologii Rayject). To sprawia, że fotometr jest niezwykle lekki i płaski, a wbrew pozorom każde 10 cm długości i 100 g wagi mniej ma duże znaczenie podczas poruszania się w trudnym terenie, nierzadko z innymi walizkami pełnymi sprzętem. A fotometry Exaqua jeżdżą z nami praktycznie wszędzie (także w charakterze pH-metrów i tle-

nomierzy, o czym będzie dalej) – nad warszawskie jeziora, stawy i glinianki, niewielkie rzeki okolic Białej Podlaskiej, Grodziska Mazowieckiego i Ciechanowa, jak również źródła doliny Pilicy. Urządzenie jest odporne na upadki



Ćwiczenia terenowe w pełnym słońcu

Fotometr Exaqua PRO3 wykorzystywaliśmy na ćwiczeniach terenowych m.in. do analiz chemicznych próbek wody z Krzyny. Urządzenie radzi sobie doskonale nawet w pełnym słońcu.

i wstrząsy, co – oczywiście niecelowo – udało nam się sprawdzić. Akumulatory wytrzymują kilka godzin pracy nawet w temperaturze oscylującej wokół 0°C. Na plus należy zaliczyć funkcję wbudowanego przewodnika, którą chwalą nasi studenci podczas prac terenowych (nie trzeba tym samym zabierać papierowej instrukcji). Na koniec drobniaczek – dobrym pomysłem było umieszczenie czterech próbek w walizce z fotometrem, co w części przypadków zwalnia nas z konieczności posiadania oddzielnego opakowania z próbkami.

O METODACH

Fotometr Exaqua i dedykowane odczynniki pozwalają na wykorzystanie kilkudziesięciu zaimplementowanych metod pomiarowych. Najczęściej korzystamy z metod dotyczących związków biogennych (wliczając potas), siarczanów, a także metali takich jak żelazo i mangan – są to z reguły indykatory eutrofizacji wód bądź ich



Praca z fotometrami Exaqua w laboratorium

Z fotometrów Exaqua korzystamy również w laboratorium, gdzie oznaczamy nierzadko kilkadziesiąt próbek.



Alternatywa dla klasycznych tlenomierzy

Możliwość pomiaru stężenia tlenu rozpuszczonego za pomocą fotometru Exaqua stanowi dla nas świetną alternatywę dla klasycznych tlenomierzy.

zanieczyszczenia antropogenicznego. Na szczególną uwagę zasługują metody miareczkowania fotometrycznego (Exatitr), możliwe dzięki zastosowaniu innowacyjnej technologii Rayject, która nie wymaga osłaniania próbki przed światłem zewnętrznym podczas pomiaru. W ten sposób można relatywnie prosto oznaczyć twardość wody oraz stężenie wapnia i magnezu – fotometr automatycznie sygnalizuje zmianę barwy, sugerującą zakończenie miareczkowania i po wprowadzeniu ilości zużytego w tym procesie odczynnika oblicza wynik. Technologia Exatitr okazała się dla nas bardzo przydatna, zwalniając z konieczności posiadania oddzielnych testów kropelkowych do oznaczeń wapnia i magnezu i podnosząc jakość samych oznaczeń.

Dokładność wykonywanych pomiarów jest zgodna ze specyfikacją poszczególnych metod, a wyniki są stabilne, jeśli procedurę wykonano zgodnie z instrukcją. Umożliwia to – zwłaszcza na potrzeby dydaktyki – wykonywanie jednego oznaczenia dla danej próbki, co przyspiesza pomiary oraz ogranicza zużycie odczynników. Co więcej, już na etapie planowania zakupu fotometrów bardzo pozytywnie potraktowaliśmy fakt umieszczenia na stronie producenta spisu dostępnych metod wraz z informacją o ich typie – nie jest to wcale oczywistością, a jednocześnie informacja ta jest kluczowa chociażby z punktu widzenia opisu metodyki badań. Zauważyliśmy jednak, że w przypadku oznaczeń terenowych w niskiej temperaturze (szczególnie poniżej 10°C) należy wydłużyć czas oczekiwania pomiędzy kolejnymi krokami pro-

cedury – instrukcja i przewodnik w fotometrze uwzględniają bowiem warunki laboratoryjne, a zatem temperaturę w granicach 20°C. Miało to znaczenie zwłaszcza w przypadku oznaczania jonów azotanowych, fosforanowych oraz stężenia tlenu rozpuszczonego w czasie zimy.

Dużą zaletą jest ujednoczenie objętości próbki wody wykorzystywanej do badania za pomocą fotometru. W zdecydowanej większości przypadków do pojedynczego oznaczenia wykorzystuje się 5 ml wody. Podobnie, bardzo wygodnym rozwiązaniem jest zaimplementowanie metod oznaczania wybranych jonów (np. azotanowych) do różnych zakresów pomiarowych, bazujących na tych samych odczynnikach i wymagających jedynie odpowiedniego rozcieńczenia próbek. W kwestii samych odczynników warto zwrócić uwagę na ich konkurencyjną cenę. Ma to małe znaczenie dla użytkowników wykonujących kilka pomiarów tygodniowo, jednak w przypadku prowadzonej przez nas działalności jest to istotne zagadnienie – na potrzeby jednej pracy dyplomowej wykonujemy nierzadko nawet 100 oznaczeń miesięcznie (kilka jonów dla kilkunastu/kilkudziesięciu punktów pomiarowych), a na ćwiczeniach terenowych – nawet kilkadziesiąt dziennie. Otrzymujemy zatem tysiące oznaczeń rocznie. Ważnym atutem odczynników jest również ich względnie bezpieczny skład, umożliwiający utylizację bez stwarzania zagrożenia dla środowiska. Ma to znaczenie zwłaszcza podczas prac terenowych.

PRAKTYCZNE

Bardzo ciekawym rozwiązaniem jest możliwość pomiaru przy użyciu fotometru Exaqua odczynu wody i stężenia tlenu rozpuszczonego. W przypadku odczynu służy do tego metoda kolorymetryczna (to fotometr rozpoznaje zabarwienie), natomiast stężenie tlenu określane jest za pomocą adaptacji znanej od ponad stu lat metody Winklera. Największą zaletą tych metod jest brak konieczności kalibracji sprzętu pomiarowego. Zarówno bowiem pehametr, bazujący na potencjometrii, jak również sonda polarograficzna do pomiaru stężenia tlenu, muszą być regularnie kalibrowane, a także odpowiednio przechowywane. Stosując do oznaczeń fotometr unikamy konieczności regularnej kalibracji sond, co oprócz wygody ma znaczenie również w aspekcie kosztocłonności. Pomiar stężenia tlenu rozpuszczonego w zbiornikach i jeziorach za pomocą urządzenia Exaqua ma również inną, wyraźną przewagę



Rutynowe oznaczenia ze źródła

Rutynowe oznaczanie stężenia jonów azotanowych w wodzie pobranej bezpośrednio ze źródła w dolinie Pilicy.

nad klasycznym tlenomierzem – nie wymaga przepływu wody, co jest niezbędne w przypadku sond tlenowych (zaleca się z reguły prędkość wody przynajmniej 10 cm/s). Na plus należy zaliczyć możliwość prostej i samodzielnej aktualizacji oprogramowania fotometru, która okazała się konieczna z powodu dodania metody pomiaru stężenia tlenu rozpuszczonego – cała operacja trwała kilkanaście minut i wymagała wgrania pliku do pamięci urządzenia, podłączonego do komputera kablem USB. Przydatna, zwłaszcza dla indywidualnego użytkownika, wydaje się

także dedykowana aplikacja mobilna, umożliwiająca komunikację smartfonu z fotometrem – w ten sposób można łatwo zapisywać wyniki pomiarów na smartfonie oraz tworzyć na ich podstawie tabele i wykresy. Jak pokazują powyższe przykłady, fotometry Exaqua to urządzenia rozwojowe – sukcesywnie wprowadzane są bowiem nowe metody pomiarowe, co zwiększa ich atrakcyjność i rozszerza możliwości, a jak sądzimy po dotychczasowej działalności firmy – nie powiedziała ona jeszcze ostatniego słowa w tym zakresie.

Fotometry Exaqua od niespełna roku stały się podstawowym narzędziem, wykorzystywanym do realizacji prac licencjackich i magisterskich w Zakładzie Hydrologii, dotyczących różnych aspektów jakości wód powierzchniowych i podziemnych. Mamy nadzieję, że przed nimi jeszcze tysiące oznaczeń, choćby w związku z rozpoczęciem nowego projektu badawczego o źródłach Skarpy Warszawskiej.