

# ZNACZENIE POMIARU CAŁKOWITEGO WĘGLA ORGANICZNEGO

Organiczne związki węgla są bardzo różnorodne. Na zajęciach początkowych większości kursów wprowadzających do chemii organicznej możemy się dowiedzieć, że liczba możliwych organicznych związków węgla jest praktycznie nieskończona ze względu na zdolność węgla do tworzenia długich łańcuchowych cząsteczek. Choć możliwe jest ilościowe oznaczenie poszczególnych związków chemicznych za pomocą metod chromatograficznych, takich jak chromatografia gazowa (ang. gas chromatography, GC) czy wysokosprawna chromatografia cieczowa (ang. high-performance liquid chromatography, HPLC), użytkownik powinien wiedzieć, jakich konkretnie związków szukać.

Pomiar ogólnego węgla organicznego (ang. total organic carbon, TOC) to badanie niespecyficzne, co oznacza, że za jego pomocą nie zostaną oznaczone konkretne związki chemiczne (większość próbek to złożone mieszaniny zawierające tysiące różnych organicznych związków węgla). Zamiast tego OWO pozwala określić całkowitą ilość węgla organicznego wchodzącego w skład tych związków.

Powody wykonywania pomiarów OWO są różne dla poszczególnych branż, ale zasadniczo można podzielić je na dwie kategorie: kontrola procesów lub wymóg wynikający z przepisów. Jedne z najczęstszych zastosowań pomiaru OWO to:

**Woda pitna:** węgiel organiczny reaguje ze środkami chemicznymi przeznaczonymi do dezynfekcji, jak np. chlor i tworzy produkty uboczne procesu dezynfekcji, które mogą być rakotwórcze. Minimalizacja ilości węgla organicznego przed dezynfekcją może znacząco zmniejszyć szkodliwe narażenie społeczeństwa na produkty uboczne procesu dezynfekcji.

**Oczyszczalnie ścieków:** monitorowanie węgla organicznego na dopływie ułatwia kontrolę procesów w celu maksymalnego zwiększenia wydajności oczyszczalni, podczas gdy monitorowanie odpływu jest często wymagane przy odprowadzaniu do wód powierzchniowych.

**Ścieki przemysłowe:** monitorowanie OWO jest wymagane w przypadku gałęzi przemysłu odprowadzających ścieki płynne do wód powierzchniowych.

**Elektrownie:** ograniczanie potencjalnych źródeł związków korozyjnych może zapobiec kosztownym w naprawie uszkodzeniom drogiego sprzętu.

**Producenci farmaceutyków:** woda jest najczęściej stosowanym składnikiem w produkcji leków. Przepisy ograniczają stężenie węgla organicznego, aby zapobiec wzrostowi szkodliwych bakterii.

**Producenci sprzętu elektronicznego:** ultraczysta woda jest stosowana w produkcji mikroprocesorów i układów scalonych. Ponieważ procesory i obwody stają się coraz mniejsze, woda musi pozostawać jak najczystsza, aby zapobiec uszkodzeniu tych drobnych układów.

## Metody oznaczania OWO

Istnieje kilka metod pomiaru OWO, wszystkie jednak łączą dwa wspólne cele: 1) Utlenienie węgla organicznego do dwutlenku węgla oraz 2) pomiar wytworzonego dwutlenku węgla.

Powszechnie stosowane metody to działanie związkami chemicznymi (jak np. nadsiarczanami), spalanie (zazwyczaj wspomagane przez katalizator), wystawienie na promieniowanie jonizujące (jak np. światło ultrafioletowe), na wysoką temperaturę, a także kombinacja tych metod.

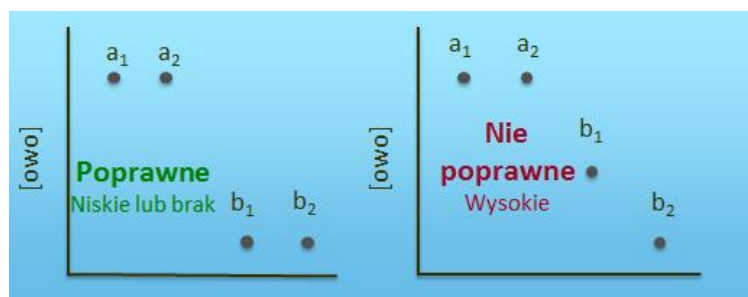
Sposobów na wykrycie dwutlenku węgla jest mniej, dwie często stosowane metody to metoda konduktometryczna oraz niedispersyjna spektrometria w podczerwieni (NDIR). W metodach konduktometrycznych wykrywane jest zwiększenie stężenia jonów wynikające ze zwiększenia ilości jonów wodorowęglanowych i węglanowych powstałych w wyniku utleniania związków organicznych. Detektory NDIR mierzą ilość dwutlenku węgla na podstawie analizy absorpcji wiązki promieniowania podczerwonego przechodzącego przez znaną odległość.

## Zapobieganie uszkodzeniu urządzenia

Dwa częste problemy mogące spowodować uszkodzenie przyrządów do pomiaru OWO lub doprowadzić do uzyskania błędnych wyników to „przeładowanie” próbki (analiza próbki przekraczającej maksymalne parametry analitów) i przeniesienie (zanieczyszczenia poprzednią próbka).

Przeładowanie jest często spotykane podczas analizowania nieznanymi próbek. W zależności od technologii pomiarowej może ono spowodować kosztowne w naprawie uszkodzenie przyrządu. Na przykład w przyrządzie do pomiaru metodą spalania, w którym wykorzystywane są katalizatory platynowe, mogą one zostać bardzo łatwo zniszczone i wówczas będzie wymagana kosztowna wymiana. W przyrządach do pomiaru OWO wykorzystujących membrany mogą one zostać pokryte związkami zawierającymi węgiel organiczny, pochodzącymi z nieznanego próbki o wysokim stężeniu węgla. W takim przypadku przyrząd nie będzie nadawał się do użytkowania aż do wykonania czynności serwisowych.

Przeniesienie jest spowodowane pozostawieniem resztek próbki z poprzedniego pomiaru. Jest ono najczęściej obserwowane w przypadku wielokrotnego pomiaru próbki oraz gdy po pomiarze próbki o wysokim stężeniu przeprowadzany jest pomiar próbki o niskim stężeniu. W poniższym równaniu przeniesienie jest obliczane jako wartość procentowa różnicy pomiędzy stężeniami dwóch próbek:



$$\text{Zanieczyszczenie} = \frac{(b_1 - b_2)}{(a_2 - b_2)} \times 100\%$$

## Metody obliczania OWO

Węgiel nieorganiczny jest związany wyłącznie z tlenem, jak w dwutlenku węgla, wodorowęglanach czy węglanach (na przykład: wapień to węglan wapnia, który jest odmianą węgla nieorganicznego). Węgiel organiczny może być związany z różnymi pierwiastkami, takimi jak tlen, azot czy inne atomy węgla.

Inne odmiany węgla to węgiel usuwalny i nieusuwalny. Lotne związki organiczne mają niską temperaturę wrzenia i można je usunąć z roztworu poprzez przepuszczenie gazu przez próbkę.

W pomiarze OWO różne odmiany węgla opisuje się za pomocą następujących skrótów:

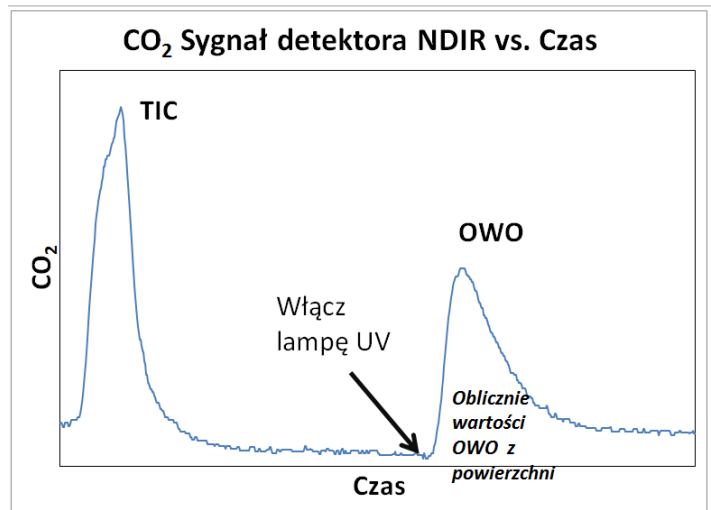
**TC:** całkowita zawartość węgla (ang. Total Carbon)

**OWO:** ogólny węgiel organiczny (ang. Total Organic Carbon)

**TIC:** całkowity węgiel nieorganiczny (ang. Total Inorganic Carbon)

**POC:** usuwalny węgiel organiczny (ang. Purgeable Organic Carbon), także VOC (ang. Volatile Organic Carbon, lotny węgiel organiczny)

**NPOC:** nieusuwalny węgiel organiczny (ang. Non-purgeable Organic Carbon)



Wartość OWO można obliczyć, odejmując wartość TIC od TC. Metoda ta jest opisana równaniem

$$TC - TIC = OWO$$

Metoda ta jest skuteczna, gdy występuje duża różnica pomiędzy wartościami TC i TIC; jednak gdy wartości TIC są wysokie, wyniki uzyskane za pomocą tej metody mogą być bardzo zróżnicowane, ponieważ margines błędów dla pomiarów TC i TIC musi zostać zsumowany.

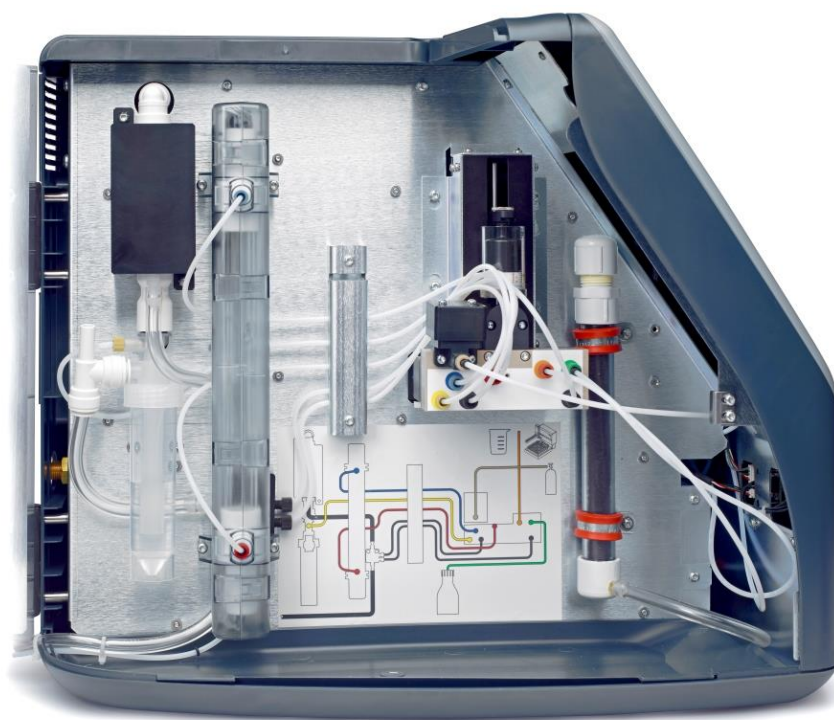
W wielu zastosowaniach pomiarowych OWO uzasadnione jest założenie, że wpływ wartości POC na łączną wartość OWO jest nieistotny i w związku z tym stosuje się poniższe przybliżenie

$$NPOC \approx OWO$$

Przybliżenie to jest odpowiednie dla wody pitnej, w której większość węgla organicznego pochodzi z kwasów huminowych, które są związkami nielotnymi o wysokiej masie cząsteczkowej. W zastosowaniach ultraczystych związanych z farmacją, energią czy produkcją półprzewodników stężenie POC w próbce także powinno być pomijalne.

W metodach pomiaru NPOC zwykle wykorzystuje się technologię NDIR, w której generowany sygnał jest rejestrowany w czasie. Po utworzeniu wykresu sygnału widoczne będą dwa piksy. Pierwszy pik oznacza węgiel nieorganiczny (rozpuszczony CO<sub>2</sub> już obecny w próbce). Drugi pik oznacza węgiel organiczny, który został utleniony do CO<sub>2</sub>.

Poniżej znajdują się zdjęcia przedstawiające najnowszy przyrząd do pomiaru TOC firmy Hach, QbD1200



DOC040.60.10062.Jun15



Be Right™