

Zespół Inżynierii Sanitarnej i Systemów Ochrony Środowiska

**Materiały pomocnicze do ćwiczeń laboratoryjnych z chemii  
budowlanej.**

**Dr inż. Jacek Mazur**



**Wrzesień 2011**

## **Spis treści:**

Wstęp.....	3
Ogólne wymagania dotyczące sprawozdań. ....	4
Oznaczanie zawartości wapna czynnego w wapnie budowlanym.....	6
Agresywność chemiczna wody gruntowej w stosunku do betonu.....	16
Korozja betonu .....	31
Ocena przydatności wody zarobowej do betonu.....	49

## **Załączniki:**

Załącznik 1. Zasady BHP w laboratorium chemicznym.....	61
Załącznik 2. Objaśnienia symboli zagrożeń oraz zwrotów wskazujących stopień zagrożenia i określających warunki bezpiecznego stosowania odczynników chemicznych .....	63
Załącznik 3. Podstawowe wyposażenie i czynności laboratoryjne wykonywane podczas ćwiczeń laboratoryjnych z zakresu chemii sanitarnej, chemii budowlanej, oczyszczania wody i ścieków.....	68
Załącznik 4. Podstawowe czynności związane z obsługą fotometru MPM 3000/SQ 300.....	80

## Wstęp

Materiały obejmują informacje dotyczące ćwiczeń laboratoryjnych (jeden semestr – 15 godzin lekcyjnych zajęć laboratoryjnych), w zakresie Chemii Budowlanej realizowanych na kierunku studiów Budownictwo.

Materiały zawierają instrukcje do wykonania poszczególnych ćwiczeń laboratoryjnych, uproszczone instrukcje obsługi wykorzystywanych urządzeń, zasady BHP obowiązujące w laboratorium, objaśnienia zwrotów wskazujących stopień zagrożenia i określających warunki bezpiecznego stosowania odczynników chemicznych.

Opis wykonania poszczególnych ćwiczeń, oprócz praktycznych aspektów wykonania ćwiczenia, zawiera także przykładowe przeliczenia potrzebne do opracowania wyników pomiarów.

W załącznikach zamieszczono dodatkowe informacje, których znajomość jest wymagana do poprawnego wykonania niektórych ćwiczeń i opracowania uzyskanych wyników.



Jacek Mazur

## Ogólne wymagania dotyczące sprawozdań.

Sprawozdanie należy przygotować w formie drukowanej (z ponumerowanymi stronami). Po wydrukowaniu, a przed oddaniem, sprawozdanie powinno zostać przeczytane i sprawdzone. Na stronie tytułowej należy podać nazwę przedmiotu (+rok, semestr, kierunek, grupa laboratoryjna), tytuł ćwiczenia, datę i godzinę wykonania ćwiczenia oraz skład zespołu wykonującego ćwiczenie z podpisami i zaznaczeniem osób przygotowujących sprawozdanie. Sprawozdanie powinno zostać oddane w ciągu 10 dni kalendarzowych od daty wykonania ćwiczenia. Terminem oddania sprawozdania jest pierwszy dzień zajęć po upływie 10 dni kalendarzowych od wykonania ćwiczenia.

### Poprawnie przygotowane sprawozdanie zawiera:

- krótki wstęp zawierający podstawowe informacje dotyczące badanego procesu i syntetyczny opis wykonania ćwiczenia
- zebrane w sposób czytelny wszystkie dane i wielkości pomierzone uzyskane w czasie zajęć oraz wyniki wymaganych przeliczeń,
- zebrane w sposób czytelny ostatecznie przyjęte wyniki
- wymagane wykresy
- wnioski
- wykaz źródeł i materiałów, które stanowiły źródło treści zamieszczonych w sprawozdaniu (fragmenty cytowane – w tym z innych sprawozdań – należy zaznaczyć podając źródło i autora oryginalnej treści)

### Kryteria oceny sprawozdania:

- terminowość oddania
- kompletność (w zakresie ogólnych wymagań oraz opracowania wyników i wniosków zgodnie z tymi podanymi w instrukcji)
- poprawność wykonanych przeliczeń
- poprawność graficznego opracowania wyników (wykresy)
- zakres i poprawność sformułowanych wniosków oraz ich stopień powiązania z własnymi wynikami
- poprawność zastosowań fachowego słownictwa
- poprawność językowa opisów
- forma

Każde oddane sprawozdanie jest sprawdzane i komentowane są popełnione błędy. Sprawozdania oddawane przez następne zespoły i zawierające powielone fragmenty bez poprawienia błędów będą zwracane do poprawy.

Sprawozdania po poprawieniu należy oddawać łącznie z poprzednim egzemplarzem zawierającym naniesione uwagi.

Do każdego sprawozdania należy dołączyć, wypełnioną i podpisaną, listę sprawdzającą.

Wzór strony tytułowej sprawozdania i listy sprawdzającej, w formie pliku Word-a, można pobrać z sieci lub otrzymać w laboratorium.

## LISTA SPRAWDZAJĄCA

Nr.		TAK/NIE*
1.	Sprawozdanie zostało wydrukowane z <u>ponumerowanymi stronami</u> .	
2.	Po wydrukowaniu sprawozdanie zostało <u>przeczytane</u> .	
3.	Wszystkie zawarte w sprawozdaniu informacje dotyczą <u>tego ćwiczenia, które wymienianie jest na stronie tytułowej</u> .	
4.	<u>Zamieszczono wykaz źródeł i materiałów, które stanowiły źródło treści zamieszczonych w sprawozdaniu</u>	
5.	<u>Fragmenty cytowane – w tym z innych sprawozdań – zostały zaznaczone z podaniem źródła i autora oryginalnej treści</u>	
6.	W powielanych fragmentach sprawozdania <u>poprawione zostały, zaznaczone wcześniej przez prowadzącego, błędy</u> .	
7.	Strona tytułowa zawiera <u>komplet</u> informacji.	
8.	Na stronie tytułowej znajduje się lista i <u>podpisy</u> osób wykonujących <u>to ćwiczenie</u>	
9.	Znana jest mi treść instrukcji dotyczącej tego ćwiczenia i określony w niej zakres opracowania wyników i wniosków.	
10.	Sprawozdanie zawiera krótki wstęp z podstawowymi informacjami dotyczącymi badanego procesu i syntetyczny opis wykonania ćwiczenia.	
11.	W sprawozdaniu podano wyniki <u>własnych</u> pomiarów i <u>sprawdzone</u> ich zgodność z notatkami z zajęć.	
12.	W sprawozdaniu umieszczono <u>wszystkie dane i wielkości pomierzone</u> .	
13.	Zakres wykonanych przeliczeń jest <u>zgodny z instrukcją</u>	
14.	Sprawozdanie zawiera, czytelnie zebrane, wyniki <u>wszystkich</u> wymaganych przeliczeń (zgodnie z instrukcją)	
15.	Sprawozdanie zawiera wszystkie wymagane wykresy ( <u>zgodnie z instrukcją</u> )	
16.	<u>Zakres wniosków jest zgodny z wymaganiami podanymi w instrukcji</u>	

\* wpisać odpowiednio TAK lub NIE

Jeśli, w którejś z rubryk wpisano „NIE” niżej należy podać wyjaśnienie:

Nr	Wyjaśnienie

Podpis(y) przygotowujących sprawozdanie.....

## Oznaczanie zawartości wapna czynnego w wapnie budowlanym.

Ćwiczenie polega na oznaczeniu zawartości wapna czynnego w wapnie budowlanym i porównaniu otrzymanych wyników z wartościami normowymi określonymi dla różnych rodzajów wapna budowlanego.

Celem ćwiczenia jest:

- zapoznanie się z wyposażeniem i sposobami wykonywania podstawowych czynności w laboratorium
- opanowanie techniki wykonywania analizy miareczkowej
- oznaczenie zawartości wapna czynnego w wapnie budowlanym

Przed zajęciami laboratoryjnymi należy zapoznać się z następującymi zagadnieniami:

- mol i stężenie molowe
- przeliczenia stężeń i ilości substancji zawartych w roztworach
- reakcje zobojętniania
- odczyn (pH) i popularne wskaźniki kwasowo-zasadowe
- przeliczenia stechiometryczne ilości reagujących substancji w oparciu o zapis reakcji chemicznej
- sposoby oznaczania zagrożeń oraz zwroty wskazujące stopień zagrożenia i określające warunki bezpiecznego stosowania odczynników chemicznych
- zasady BHP w laboratorium chemicznym

Przebieg ćwiczenia:

Grupa laboratoryjna, podzielona na zespoły laboratoryjne liczące do 6 osób, wykonuje zadanie polegające na ustaleniu sposobu, określeniu parametrów (wielkości naważek, objętości próbek, stężeń roztworów) i wykonaniu oznaczenia zawartości wapna czynnego w wapnie budowlanym. Ćwiczący w trakcie zajęć wykonują podstawowe czynności służące opanowaniu poprawnych, i zgodnych z zasadami BHP, technik:

- precyzyjnego odmierzania objętości roztworów
- sporządzania roztworów o ściśle określonym stężeniu
- ważenia
- miareczkowania

**Uwaga:** Jeżeli badaniu będzie poddawana próbka wapna innego niż palone należy do badań użyć próbki wyprażonej. Na początku zajęć należy upewnić się czy jest dostępna wyprażona próbka badanego wapna i w razie potrzeby wstawić próbkę do prażenia (prażenie jest procesem czasochłonnym).

Poszczególne czynności przeplatane są:

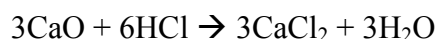
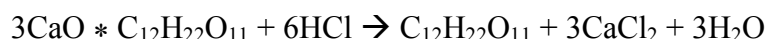
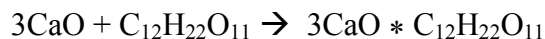
- omówieniem ogólnych zasad BHP w laboratorium chemicznym
- omówieniem i demonstracją podstawowego sprzętu laboratoryjnego
- obliczeniami objętości roztworów i masy naważek potrzebnych do wykonania oznaczenia zawartości wapna czynnego w wapnie budowlanym

W trakcie zajęć omawiany jest następujący sprzęt i wyposażenie laboratorium:

- |                       |                                   |                         |
|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| - zlewki              | - pipety i dozowniki automatyczne | - cylindry miarowe      |
| - kolby stożkowe      | - ekzykatory i naczynka wagowe    | - biurety               |
| - kolby miarowe       | - tygle i parownice               | - mieszadła magnetyczne |
| - pipety wielomiarowe | - gruszki gumowe do pipet         | - tryskawki             |
| - pipety jednomiarowe | - waga elektroniczna              |                         |

**Zasada oznaczenia zawartości wapna czynnego w wapnie budowlanym.**

Cukry tworzą z tlenkami wapnia nietrwale rozpuszczalne w wodzie związki, w których cukier odgrywa rolę kwasu. Sacharoza ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) tworzy z tlenkiem wapnia rozpuszczalną sól wapniową sacharozy  $3CaO * C_{12}H_{22}O_{11}$ . Dokładnie odważoną ilość wapna należy rozpuścić w roztworze sacharozy (praktycznie roztwór powinien zawierać sacharozę w dużym nadmiarze – ponad 10 razy więcej od masy naważki wapna, a stężenie roztworu sacharozy nie powinno przekraczać  $50g/dm^3$ ). Otrzymany roztwór, po 12-15 minutach mieszania i po przesączeniu, miareczkuje się mianowanym roztworem kwasu chlorowodorowego (solnego):



Zużyta objętość kwasu przeliczana jest na masę CaO (zgodnie z reakcją sumaryczną 3 mole CaO reagują z 6 molami HCl – sacharoza spełnia jedynie rolę przeprowadzającą wapno czynne do roztworu). Obliczoną ilość CaO podaje się w procentach w stosunku do masy wapna.

**Przed rozpoczęciem wykonywania analizy należy ustalić podstawowe wielkości potrzebne do praktycznego wykonania oznaczenia. W przypadku wykonywanej analizy dotyczy to:**

- objętość miareczkowanej próbki,
- ilość powtórzeń oznaczenia,
- objętość przygotowywanego roztworu,
- stężenie roztworu kwasu i objętość biurety,
- wielkość naważki technicznego odczynnika.

Przykładowe obliczenie objętości roztworów i masy naważek potrzebnych do wykonania oznaczenia.

W celu prześledzenia jednej z możliwych metod obliczeń założmy, że wykonujemy oznaczenie MgO w technicznym odczynniku. Do wykonania oznaczenia przygotowany został roztwór kwasu siarkowego o stężeniu  $0,1 \text{ mol/dm}^3$  i biureta o pojemności 50 ml.

**Uwaga!**

*Powyższy przykład nie odpowiada dokładnie praktycznemu zadaniu planowanemu do wykonania w laboratorium. Podany schemat przeliczeń jest jednym z wielu możliwych. Nie wszystkie wartości zakładane i obliczane uwzględniają aspekt praktyczny.*

Do obliczeń i wykonania oznaczenia przyjmijmy następujące założenia:

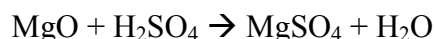
- stosowany wskaźnik: fenoloftaleina
- ilość powtórzeń oznaczenia: 4
- objętość miareczkowanej próbki: 200 ml

Przyjęta ilość powtórzeń i objętość miareczkowanej próbki określa objętość roztworu badanego odczynnika jaką należy przygotować w celu wykonania analizy. W tym przypadku, teoretycznie, wynosi ona  $0,8 \text{ dm}^3$ . Praktycznie należy pamiętać, że nie da się odmierzyć

czterech próbek po 200 ml z jednego naczynia o pojemności 0,8 dm<sup>3</sup> oraz, że przygotowanie dokładnej objętości roztworu wymaga zastosowania kolby miarowej. Potrzebny jest także pewien nadmiar roztworu do przepłukiwania pipet. Najbliższą, większą od 0,8 dm<sup>3</sup>, kolbą miarową jest kolba o pojemności 1 dm<sup>3</sup>. Z praktycznego punktu widzenia należy więc przygotować 1 dm<sup>3</sup> roztworu.

Aby oszacować masę naważki odczynnika przyjmijmy, że analiza powinna zostać wykonana w taki sposób, aby w trakcie miareczkowania próbki nie zachodziła konieczność dopełniania biurety. Oznacza to, że masę naważki powinniśmy dobrać tak, aby do zmiareczkowania próbki o objętości 200 ml zużywać nie więcej niż 50 ml roztworu kwasu siarkowego o stężeniu 0,1 mol/dm<sup>3</sup>.

W trakcie wykonywania oznaczenia zachodzić będzie reakcja:



Z zapisu reakcji wynika, że jeden mol kwasu siarkowego (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) reaguje z jednym molem tlenku magnezu. Jeden mol kwasu siarkowego odpowiada więc ok. 40 g tlenku magnezu.

Do miareczkowania powinniśmy (zgodnie z założeniem) zużyć nie więcej niż 50 ml roztworu kwasu siarkowego o stężeniu 0,1 mol/dm<sup>3</sup>.

W 1 dm<sup>3</sup> takiego roztworu kwasu znajduje się 0,1 mola kwasu, lub (zapisując inaczej) w 1 ml (mililitr = 10<sup>-3</sup> litra) znajduje się 0,1 milimola (mmol = 10<sup>-3</sup> mola) kwasu. W 50 ml roztworu tego kwasu znajduje się więc 5 mmol H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Zgodnie z przedstawionym wyżej zapisem reakcji 5 mmol kwasu siarkowego odpowiada 5 mmolom tlenku magnezu, czyli ok. 200 mg MgO (1 mol MgO to ok. 40 g, a 1 mmol to ok. 40\*10<sup>-3</sup>g czyli 40 mg). Na tej podstawie stwierdzamy, że w miareczkowanej próbce (200 ml) powinno się znaleźć nie więcej niż 200 mg MgO. W całej objętości roztworu (1 dm<sup>3</sup>) może się znajdować nie więcej niż 1000 mg (1 g) tlenku magnezu. Praktycznie odważając ok. 1 g odczynnika technicznego spełniony będzie ten warunek ponieważ odczynniki zawierają zawsze pewne ilości domieszek i zanieczyszczeń.

Gdyby oznaczenie to miało przebiegać zgodnie z zasadą opisaną przy oznaczaniu CaO należałoby ustalić potrzebną masę sacharozy. W takim przypadku należałoby użyć ok. 10 g sacharozy (10 razy więcej niż naważka próbki).

Z praktycznego punktu widzenia do przygotowania wstępnego roztworu należy użyć jedynie części potrzebnej wody, pozostała ilość wody użyta będzie do przepłukania naczynia, w którym przeprowadzono rozpuszczanie MgO oraz do uzupełnienia roztworu, po przesączeniu, dokładnie do 1 dm<sup>3</sup>.

- Sumując wykonane obliczenia otrzymujemy gotową procedurę wykonania oznaczenia:
  - o Odważamy ok. 1 g stałego odczynnika. Ważenie z dokładnością do 0,0001 g jest czasochłonne. Należy pamiętać, że odważamy odczynnik o nieznannej zawartości MgO czyli precyzyjne odważanie wcześniej obliczonej ilości nie jest uzasadnione - odważamy porcję odczynnika o masie w miarę zbliżonej do 1 g zapisując dokładnie jego masę (z dokładnością jaką umożliwi waga laboratoryjna). W późniejszych obliczeniach uwzględniana będzie masa odważona.
  - o Do kolby stożkowej (o odpowiednio dobranej pojemności np. 500 ml) wlewamy ok. 150 ml wody (część z obliczonej objętości roztworu), przenosimy przygotowaną naważkę odczynnika i mieszamy. Gdyby oznaczenie to miało przebiegać zgodnie z zasadą opisaną przy oznaczaniu CaO dodajemy 10 g sacharozy, kolbę zamykamy i mieszamy przez 12-15 minut.



- Otrzymany roztwór przesączamy do kolby miarowej o pojemności 1 dm<sup>3</sup> (obliczona objętość roztworu). Kolbę stożkową przepłukujemy sześcioma porcjami wody po np. 100 ml (i przesączamy do kolby miarowej). Kolbę miarową uzupełniamy do kreski wodą.
- Ze sporządzonego roztworu przygotowujemy cztery próbki o objętości dokładnie 200 cm<sup>3</sup>.
- Do każdej z próbek dodajemy odpowiednią ilość wskaźnika i miareczkujemy roztworem kwasu zapisując dokładnie każdy z wyników miareczkowania.
- Na podstawie uzyskanych wyników obliczamy zawartość czystego MgO w przygotowanej naważce i przeliczamy wynik na procentową zawartość MgO w technicznym odczynniku.

### Przykład obliczenia wyników

Przyjmując, że wykonując oznaczenie wg powyższego przykładu, odważone zostało dokładnie 0,9287 g odczynnika, a do miareczkowania czterech próbek zużyto odpowiednio 42,9; 43,5 ; 37,6 i 43,1 ml roztworu kwasu siarkowego o stężeniu 0,1 mol/dm<sup>3</sup>, obliczenia mogą wyglądać następująco:

- Jedna z wartości uzyskanych w trakcie miareczkowania znacznie odbiega od pozostałych – należy ją wyeliminować jako błędną. Średnia wartość z pozostałych trzech pomiarów wynosi 43,17 cm<sup>3</sup> (ml).
- Wynik miareczkowania wskazuje, że w próbce miareczkowanego r-ru odczynnika o objętości 200 cm<sup>3</sup> znajduje się 4,317 mmola MgO (zgodnie z wcześniej przedstawionym zapisem reakcji 1 mol kwasu siarkowego reaguje z jednym molem MgO).

$$\frac{1 \text{ ml roztworu kwasu}}{43,17 \text{ ml roztworu kwasu}} = \frac{0,1 \text{ mmol kwasu}}{x}$$

$$x = 4,317 \text{ [mmol kwasu]}$$

- Jeżeli w 200 cm<sup>3</sup> roztworu odczynnika znajduje się 4,317 mmola MgO to w 1 dm<sup>3</sup> przygotowanego r-ru jest 21,585 mmola MgO.
- Jeden mol MgO to (24,305+15,999) g zasady, 1 mmol to 40,304 mg zasady. 21,585 mmola MgO waży 869,9618 mg.
- Z obliczeń wynika, że w odważonej porcji 0,9287 g odczynnika znajduje się 0,8700 g MgO. Oznacza to, że analizowany odczynnik zawiera 93,68 % MgO.

### Wykonanie oznaczenia zawartości wapna czynnego w wapnie budowlanym

Oznaczenie należy wykonać w oparciu o przeprowadzone wcześniej obliczenia i poznane techniki ważenia, sporządzania roztworów oraz miareczkowania stosując zasady BHP. Uzyskane wyniki przeliczeń i oznaczeń zapisać i opracować w formie sprawozdania z tabelarycznym zestawieniem wartości.

**Przed zajęciami należy przećwiczyć wykonywanie obliczeń masy naważki wapna budowlanego przyjmując dane z zakresu:**

- objętość miareczkowanej próbki do 100 ml
- stężenie roztworu kwasu 0,2 – 0,5 mol/dm<sup>3</sup>
- pojemność biurety 5 – 50 ml

Kolejność czynności (wykonanie oparte o zapisy PN-EN 459-2. Wapno budowlane. Część 2: Metody badań):

- ustalić objętość miareczkowanych próbek
- ustalić objętość roztworu
- obliczyć wielkość naważki wapna budowlanego (do obliczeń przyjąć założenia pozwalającego na uzyskanie wielkości naważki poniżej 1,2 g)
- odważyć na wadze analitycznej obliczoną naważkę wapna budowlanego, z dokładnością do 0,1 mg
- do suchej kolby stożkowej z korkiem o odpowiednio dobranej pojemności przenieść odważoną naważkę wapna palonego z naczynka wagowego, używając suchego lejka
- za pomocą ok. 5 ml metanolu przenieść pozostałości wapna z naczynka do kolby
- przenieść ilościowo pozostałości wapna palonego z naczynka wagowego do kolby za pomocą wody redestylowanej w ilości odpowiadającej 1/4 - 1/5 ustalonej objętości roztworu (pojemność kolby powinna być co najmniej 4-5 krotnie większa od użytej objętości wody)
- odważyć i dodać do kolby stożkowej ustaloną ilość sacharozy (używając drugiego suchego lejka)
- kolbę zamknąć i mieszać przez 12 –15 minut (mieszadło magnetyczne)
- zawartość kolby stożkowej przesączyć, na zestawie do sączenia próżniowego, przez sączonek o grubych porach. Przesącz przenieść ilościowo do kolby miarowej o pojemności równej ustalonej objętości roztworu
- kolbę stożkową przepłukać sześcioma porcjami wody redestylowanej. Popłuczyny, po każdym płukaniu, przesączyć do kolby miarowej z roztworem (przez ten sam sączonek). Objętość każdej porcji powinna zostać tak dobrana aby nie przekroczyć ustalonej objętości roztworu.
- uzupełnić kolbę miarową z roztworem, wodą redestylowaną, do kreski i dokładnie wymieszać
- odmierzyć, do kolb Erlenmayera, ustaloną objętość próbek tak przygotowanego roztworu
- do każdej z próbek dodać po 6 kropli fenoloftaleiny
- próbki miareczkować mianowanym roztworem kwasu solnego do odbarwienia
- za wynik miareczkowania przyjąć średnią z co najmniej dwóch oznaczeń różniących się od siebie nie więcej niż 2% wyniku mniejszego.

Zagadnienia wymagane do zaliczenia kursu w zakresie wykonanego ćwiczenia podane są w informacji dotyczącej kursu „Chemia budowlana”

**Literatura:**

1. Czarniecki L., Broniewski T., Henning O.: Chemia w Budownictwie. Arkady. Warszawa 1996
2. PN-EN 459-1: Wapno budowlane. Część 1: Definicje, wymagania i kryteria zgodności
3. PN-EN 459-2. Wapno budowlane. Część 2: Metody badań
4. Woszczak T.: Ćwiczenia laboratoryjne z chemii budowlanej. Politechnika Świętokrzyska. Kielce 2000

Tab. 1. Założenia i wyniki obliczeń wstępnych

Parametr	Wartość	Jednostka
Pojemność biurety		
Titrant		
Stężenie titranta		
Ilość powtórzeń oznaczenia		
Objętość próbki		
Objętość roztworu		
Masa CaO odpowiadającą 1 ml użytego roztworu kwasu		
Obliczona masa naważki wapna		
Obliczona masa naważki sacharozy		
Objętość wody do przygotowania wstępnego roztworu		
Objętość pojedynczej porcji wody do przepłukania kolby stożkowej		

Tab. 2. Wyniki pomiarów i obliczeń.

Parametr	Wartość	Jednostka
Odważona masa wapna		
Rodzaj wapna		
Wyniki miareczkowania:		
	1.	
	2.	
	3.	
	4.	
	5.	
Masa CaO w miareczkowanej próbce		
Masa CaO przygotowanym roztworze		
Procentowa zawartość CaO w wapnie		
Normowa zawartość CaO+MgO w analizowanym wapnie		

Terminy i definicje, klasyfikacja wapna budowlanego oraz wymagania chemiczne wg PN-EN 459-1: Wapno budowlane. Część 1: Definicje, wymagania i kryteria zgodności.

Terminy i definicje:

**wapno**

materiał zawierający wszelkie fizyczne i chemiczne odmiany tlenku wapnia i/lub tlenku magnezu ( $\text{CaO}$  i  $\text{MgO}$ ) i/lub wodorotlenków ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$  i  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ )

**wapno budowlane**

wapno stosowane w budownictwie oraz inżynierii lądowej i wodnej. Termin ten obejmuje wszystkie rodzaje wymienione w tablicy poniżej

**wapno powietrzne**

wapno składające się głównie z tlenku wapnia lub wodorotlenku wapnia, powoli twardniejące w powietrzu pod wpływem działania atmosferycznego dwutlenku węgla. W zasadzie nie twardnieje pod wodą i nie ma właściwości hydraulicznych. Może to być zarówno wapno palone, jak i wapno hydratyzowane

**wapno palone (Q)**

wapno powietrzne składające się głównie z tlenku wapnia i tlenku magnezu, wytwarzane poprzez prażenie kamienia wapiennego i/lub dolomitu. Wapno palone wchodzi w reakcję egzotermiczną z wodą. Oferowane są w różnych stanach rozdrobnienia, od brył do materiału drobno zmielonego. Termin ten obejmuje wapno wapienne i wapno dolomitowe

**wapno hydratyzowane (S)**

wapno powietrzne, wapno wapienne lub wapno dolomitowe, otrzymywane w wyniku kontrolowanego gaszenia wapna palonego. Wytwarzane jest w postaci suchego proszku lub ciasta, lub jako zawiesina (mleko wapienne)

**wapno wapienne (CL)**

wapno zawierające głównie tlenek wapnia lub wodorotlenek wapnia bez żadnych dodatków materiałów hydraulicznych lub pucolanowych

UWAGA Wapno muszlowe jest to hydratyzowane wapno wapienne wytwarzane poprzez prażenie kamienia muszlowego, a następnie gaszenie. Wapno pokarbidowe jest to hydratyzowane wapno wapienne powstające jako produkt uboczny przy produkcji acetyleny z karbidu

**wapno dolomitowe (DL)**

wapno zawierające głównie tlenek wapnia i tlenek magnezu lub wodorotlenek wapnia i wodorotlenek magnezu bez żadnych dodatków materiałów hydraulicznych lub pucolanowych

**wapno dolomitowe półhydratyzowane**

wapno dolomitowe hydratyzowane składające się głównie z wodorotlenku wapnia i tlenku magnezu

**wapno dolomitowe całkowicie zhydratyzowane**

wapno dolomitowe hydratyzowane składające się głównie z wodorotlenku wapnia i wodorotlenku magnezu

**wapno hydrauliczne naturalne (NHL)**

wapno wytwarzane poprzez wypalenie bardziej lub mniej ilastego lub krzemionkowego kamienia wapiennego, sproszkowane w procesie gaszenia, mielone lub nie mielone. Wszystkie NHL mają właściwość wiązania i twardnienia pod wodą. Do procesu twardnienia przyczynia się atmosferyczny dwutlenek węgla

**wapno hydrauliczne naturalne z dodatkami (Z)**

NHL. Produkty specjalne, które mogą zawierać do 20 % masy odpowiednich dodatków materiałów pucolanowych lub hydraulicznych, są dodatkowo oznaczone „Z”

**wapno hydrauliczne (HL)**

wapno składające się głównie z wodorotlenku wapnia, krzemianów wapnia i glinianów wapnia, wytwarzane poprzez mieszanie odpowiednich surowców. Ma ono właściwość wiązania i twardnienia pod wodą. Do procesu twardnienia przyczynia się atmosferyczny dwutlenek węgla

**Klasyfikacja**

Wapno powietrzne należy klasyfikować według zawartości (CaO + MgO), a wapno hydrauliczne w zależności od wytrzymałości na ściskanie.

**Rodzaje wapna budowlanego**

Oznaczenie	Symbol
Wapno wapniowe 90	CL 90
Wapno wapniowe 80	CL 80
Wapno wapniowe 70	CL 70
Wapno dolomitowe 85	DL 85
Wapno dolomitowe 80	DL 80
Wapno hydrauliczne 2	HL2
Wapno hydrauliczne 3,5	HL3,5
Wapno hydrauliczne 5	HL5
Wapno hydrauliczne naturalne 2	NHL 2
Wapno hydrauliczne naturalne 3,5	NHL 3,5
Wapno hydrauliczne naturalne 5	NHL 5
Dodatkowo, wapno powietrzne jest klasyfikowane zgodnie z jego stanem dostawy: wapno palone (Q) lub wapno hydratyzowane (S). W przypadku wapna dolomitowego hydratyzowanego zaznaczany jest stopień zhydratyzowania; S1: wapno półhydratyzowane; S2: wapno całkowicie zhydratyzowane.	

**Wymagania chemiczne**

Skład chemiczny wapna budowlanego, badanego zgodnie z EN 459-2:2001, powinien być zgodny z wartościami podanymi w tablicy. Wszystkie rodzaje wapna wymienione w tablicy mogą zawierać niewielkie ilości domieszek dla poprawienia urabialności lub właściwości wapna budowlanego. Jeśli ich udział przekracza 0,1 %, należy podać rzeczywistą ilość i rodzaj domieszek.

**Tablica: Wymagania chemiczne dotyczące wapna <sup>a</sup>**

	Rodzaj wapna budowlanego	CaO+MgO	MgO	CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	Wapno czynne
1.	<b>CL 90</b>	≥ 90	≤ 5 <sup>c</sup>	≤ 4	≤ 2	-
2.	<b>CL 80</b>	≥ 80	≤ 5 <sup>c</sup>	≤ 7	≤ 2	-
3.	<b>CL 70</b>	≥ 70	≤ 5	≤ 12	≤ 2	-
4.	<b>DL 85</b>	≥ 85	≥ 30	≤ 7	≤ 2	-
5.	<b>DL 80</b>	≥ 80	≥ 5	≤ 7	≤ 2	-
6.	<b>HL2</b>	-	-	-	≤ 3 <sup>b</sup>	≥ 8
7.	<b>HL3,5</b>	-	-	-	≤ 3 <sup>b</sup>	≥ 6
8.	<b>HL5</b>	-	-	-	≤ 3 <sup>b</sup>	≥ 3
9.	<b>NHL 2</b>	-	-	-	≤ 3 <sup>b</sup>	≥ 15
10.	<b>NHL 3,5</b>	-	-	-	≤ 3 <sup>b</sup>	≥ 9
11.	<b>NHL 5</b>	-	-	-	≤ 3 <sup>b</sup>	≥ 3

UWAGA Podane wartości odnoszą się do wszystkich rodzajów wapna. W przypadku wapna palonego wartości te dotyczą gotowego produktu: w przypadku wszystkich innych rodzajów wapna (wapno hydratyzowane, ciasto wapienne i wapno hydrauliczne) podane wartości odnoszą się do produktu pozbawionego wolnej wody i wody związanej.

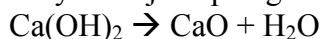
<sup>a</sup> Wartości podano w ułamku masowym wyrażonym w procentach.

<sup>b</sup> Zawartość SO<sub>3</sub> powyżej 3 % i poniżej 7 % jest dopuszczalna, jeśli na podstawie badania wg EN 196-2 stwierdzono stałość objętości po 28 dniach przechowywania w wodzie.

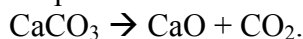
<sup>c</sup> Zawartość MgO do 7 % jest akceptowana, jeśli stałość objętości badana wg EN 459-2:2001, p. 5.3 jest pozytywna.

Podana w tabeli uwaga oznacza, że w przypadku wapna innego niż palone próbkę produktu handlowego należy poddać prażeniu w celu usunięcia wody wolnej i związanej.

Proces dehydratacji wapna gaszonego zachodzi w temperaturze ok. 400 – 500 °C



Natomiast proces dekarbonizacji węglanu wapnia w temperaturze ok. 750-900 °C



Oznacza to, że próbkę produktu handlowego należy poddać prażeniu w temperaturze rzędu 500 °C (wyższa temperatura mogłaby spowodować dekarbonizację węglanu wapnia co wpłynęło by na zwiększenie zawartości wapna czynnego w próbce wyprażonej w stosunku do produktu handlowego).

**Tę kartkę po wypełnieniu należy zostawić u prowadzącego**

Data:

Skład zespołu:

Przygotowujący sprawozdanie:

Pozostali członkowie zespołu:

Parametr	Wartość	Jednostka
Pojemność biurety		
Titrant		
Stężenie titranta		
Ilość powtórzeń oznaczenia		
Objętość próbki		
Objętość roztworu		
Masa CaO odpowiadającą 1 ml użytego roztworu kwasu		
Obliczona masa naważki wapna		
Obliczona masa naważki sacharozy		
Objętość wody do przygotowania wstępnego roztworu		
Objętość pojedynczej porcji wody do przepłukania kolby stożkowej		
Parametr	Wartość	Jednostka
Odważona masa wapna		
Rodzaj wapna		
Wyniki miareczkowania:		
	1.	
	2.	
	3.	
	4.	
	5.	

## Agresywność chemiczna wody gruntowej w stosunku do betonu

W przypadku kontaktu konstrukcji betonowych z wodami gruntowymi określana jest klasa ekspozycji środowisk agresywnych oznaczona symbolami XA1, XA2 lub XA3 (oznaczenia klas ekspozycji dotyczących agresji chemicznej gruntów naturalnych i wody gruntowej).

Klasę ekspozycji wyznacza najbardziej niekorzystna wartość dla dowolnej pojedynczej charakterystyki chemicznej. Gdy dwie lub więcej agresywnych charakterystyk wskazuje na tę samą klasę, środowisko należy zakwalifikować do następnej, wyższej klasy.

Poniżej podano wartości parametrów wody gruntowej dla poszczególnych klas ekspozycji (wg normy PN-EN 2006-1. Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność):

Charakterystyka chemiczna	XA1	XA2	XA3
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , mg/l	≥ 200 i ≤ 600	> 600 i ≤ 3 000	> 3 000 i ≤ 6 000
pH	≤ 6,5 i ≥ 5,5	< 5,5 i ≥ 4,5	< 4,5 i ≥ 4,0
CO <sub>2</sub> agresywny, mg/l	≥ 15 i ≤ 40	> 40 i ≤ 100	> 100 i do nasycenia
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mg/l	≥ 15 i ≤ 30	> 30 i ≤ 60	> 60 i ≤ 100
Mg <sup>+2</sup> , mg/l	≥ 300 i ≤ 1 000	> 1 000 i ≤ 3 000	> 3 000 i do nasycenia

W zależności od klasy ekspozycji (dla środowisk chemicznie agresywnych XA1-XA3) zalecane są wartości graniczne dotyczące składu oraz właściwości betonu:

	Klasa ekspozycji		
	XA1	XA2	XA3
Maksymalne w/c	0,55	0,50	0,45
Minimalna klasa wytrzymałości	C30/37	C30/37	C350/45
Minimalna zawartość cementu (kg/m <sup>3</sup> )	300	320	360
Inne wymagania	Cement odporny na siarczany*		

\* w przypadku kiedy klasa ekspozycji XA2 lub XA3 wynika z zawartości siarczanów

Według normy PN-86/B-01802 „Antykorozyjne zabezpieczenia w budownictwie. Konstrukcje betonowe i żelbetowe. Nazwy i określenia” wyróżnia się następujące nazwy i określenia związane z korozją betonu i żelbetu:

- **korozja betonu** — nieodwracalna zmiana właściwości betonu w wyniku destrukcyjnego oddziaływania agresywnego środowiska zewnętrznego lub w wyniku destrukcyjnych procesów zachodzących między niektórymi składnikami cementu albo cementu i kruszywa.
- **korozja wewnętrzna betonu** — nieodwracalna zmiana właściwości betonu w wyniku destrukcyjnych procesów zachodzących między niektórymi składnikami cementu lub cementu i kruszywa.
- **skutkowy podział korozji betonu w zależności od skutków działania korozji**
  - **korozja betonu I typu** — procesy polegające na fizycznym rozpuszczaniu i wymywaniu (ługowaniu) z betonu rozpuszczalnych składników przez wodę środowiskową.



- **korozja betonu II typu** — procesy związane z reakcjami wymiany między składnikami betonu, a środowiskiem agresywnym i z powstawaniem łatwo rozpuszczalnych soli lub produktów nie wykazujących własności wiążących.
- **korozja betonu III typu** — procesy związane z powstawaniem trudno rozpuszczalnych soli, które podczas krystalizacji zwiększają swoją objętość.
- **korozja betonu złożona** — procesy korozji betonu więcej niż jednego typu.
- **przyczynowy podział korozji betonu w zależności od rodzaju środowiska agresywnego**
  - **korozja ługowania** — korozja wywołana rozpuszczaniem i wymywaniem (ługowaniem) z betonu jego rozpuszczalnych składników.
  - **korozja kwasowa** — korozja wywołana reakcją składników betonu z kwaśnym środowiskiem agresywnym.
  - **korozja węglanowa** — korozja wywołana reakcją składników betonu ze środowiskiem agresywnym zawierającym dwutlenek węgla.
  - **korozja magnezowa** — korozja wywołana reakcją składników betonu ze środowiskiem o agresywności magnezowej.
  - **korozja amonowa** — korozja wywołana reakcją składników betonu ze środowiskiem o agresywności amonowej.
  - **korozja siarczanowa** — korozja wywołana reakcją składników betonu ze środowiskiem o cechach agresywności siarczanowej.
  - **korozja zasadowa** — korozja wywołana reakcją składników betonu z zasadowym środowiskiem zewnętrznym.
  - **korozja złożona** — korozja wywołana reakcją składników betonu ze środowiskiem o cechach kilku rodzajów agresywności.
- **korozja żelbetu** — niszczenie powodowane korozją betonu lub zbrojenia, bądź jednoczesną korozją betonu i zbrojenia.
- **korozja pod naprężeniem** — korozja betonu lub zbrojenia wywołana równoczesnym działaniem środowiska agresywnego i naprężeń mechanicznych.
- **karbonizacja betonu** — reakcja kamienia cementowego z gazowym dwutlenkiem węgla (CO<sub>2</sub>), powodująca obniżenie zasadowości ciekłej fazy betonu.

Dla zabezpieczenia przed korozją betonu i żelbetu mogą być stosowane:

- **materiałowo-strukturalna ochrona betonu** – wykonanie betonu odporniejszego od betonu modelowego osiągnięte przez:
  - dobór materiałów,
  - zmianę składu i struktury betonu,
  - zastosowanie zbrojenia o zwiększonej odporności.
- **powierzchniowe zabezpieczenie przed korozją osiągnęte przez ograniczenie lub wyeliminowanie działania środowiska na konstrukcję po jej wykonaniu**
  - **materiały powierzchniowego zabezpieczenia**
    - **kit chemoodporny** — materiał składający się z chemicznie odpornego spoiwa i drobnoziarnistego wypełniacza (< 0,2 mm).
    - **zaprawa chemoodporna** — materiał składający się z chemicznie odpornego spoiwa, drobnoziarnistego wypełniacza i piasku.
  - **środki powierzchniowego zabezpieczenia**
    - **procesy przekształcenia chemicznego** — lub impregnacji betonu — traktowanie stwardniałego betonu cieczami o małej lepkości lub gazami, które wnikając w traktowany beton, powodują zmianę niektórych jego cech fizykochemicznych. Do procesów tych zalicza się:
      - hydrofobizację żywicami krzemooorganicznymi (silikonowanie),

- krzemianowanie szkłem wodnym (silikatyżacja),
  - fluatowanie roztworami fluorokrzemianów metali,
  - fluorowanie (okratyzacja) gazem fluorku krzemu ( $\text{SiF}_4$ ),
  - obróbka dwutlenkiem węgla ( $\text{CO}_2$ ),
  - neutralizację niektórymi kwasami (szczawiowym, fosforowym).
- **powłoka** — warstwa z materiałów ciekłych upłynnionych lub sproszkowanych, nanoszona na odpowiednio przygotowane podłoże za pomocą technik malarskich. Warstwa powłoki charakteryzuje się przyczepnością, dostateczną szczelnością i odpornością na działanie środowiska agresywnego. Powłoki mogą być zbrojone lub niezbrojone.
  - **wyprawa** — zestalona warstwa z materiałów o konsystencji plastycznej, nakładanych na podłoże techniką murarską. Wyprawa tworzy dostatecznie grubą (1 — 10 mm) jednolitą i ściśle przylegającą do podłoża warstwę. Do wypraw zalicza się również torkret, czyli wyprawy miotane. Wyprawy wykonuje się z mas szpachlowych (bitumicznych lub których podstawą są żywice organiczne), kitów chemoodpornych lub zapraw chemoodpornych.
  - **wykładzina** — warstwa z płyt i arkuszy sztywnych przymocowanych pośrednio lub bezpośrednio do konstrukcji przy użyciu klejów, kitów lub zapraw chemoodpornych. Do wykonywania wykładzin stosuje się: płytki ceramiczne, płyty kamienne, płytki szklane, płytki z tworzyw sztucznych lub drewno.
  - **obmurze lub wymurówka** — samonośna ścianka przylegająca do konstrukcji wsporczej, lecz nie zawsze z nią związana (współpracująca). Obmurza nie są przystosowane do przenoszenia innych obciążeń poza ciężarem własnym. Do wykonywania obmurzy stosuje się ceramikę kwasoodporną i zaprawę chemoodporną.
  - **wykleina** — warstwa z materiałów rolowych lub wiotkich arkuszy przyklejonych do podłoża, stanowiąca izolację zewnętrzną lub międzywarstwową.

Ćwiczenie polega na oszacowaniu klasy ekspozycji wody gruntowej poprzez wykonanie ilościowych lub półilościowych analiz jakości wody gruntowej pozwalające na określenie odczynu, zawartości siarczanów, agresywnego dwutlenku węgla, magnezu i kationu amonowego. W tym celu należy wykonać szereg oznaczeń pozwalających na ustalenie wartości wyżej wymienionych parametrów.

### **Zasady oznaczeń wykonywanych na zajęciach (sposób wykonania oznaczeń podany jest w dalszej części instrukcji).**

**Odczyn:** pomiar potencjometryczny z wykorzystaniem pH-metru (na zajęciach za pomocą multimetru ustawionego na pomiar odczynu).

**Substancje rozpuszczone:** wartość obliczana na podstawie pomiaru przewodnictwa wody.

**Przewodnictwo:** parametr określający zdolność wody do przewodzenia prądu elektrycznego. Przewodnictwo nadają wodzie obecne w niej zdysocjowane na aniony i kationy (nośniki ładunków elektrycznych) sole. Pomiar przewodnictwa jest szybką metodą pozwalającą

oszacować zawartość soli rozpuszczonych w wodzie czyli w przybliżeniu zawartość substancji rozpuszczonych. Do przeliczenia zmierzonego przewodnictwa na zawartość substancji rozpuszczonych można stosować zależność:

$$\text{Zawartość substancji rozpuszczonych [mg/dm}^3\text{]} = \text{Przewodnictwo wody } [\mu\text{S/cm}] \times 0,63$$

Pomiar wykonywany jest za pomocą konduktometru (w czasie zajęć za pomocą multimetru ustawionego na pomiar przewodnictwa).

**Magnez:** obliczenie zawartości magnezu na podstawie wyników oznaczenia twardości ogólnej i twardości wapniowej. Różnica pomiędzy twardością ogólną [ $\text{mval/dm}^3$ ] a twardością wapniową [ $\text{mval/dm}^3$ ] jest zawartością magnezu [ $\text{mval/dm}^3$ ] w badanej wodzie (1  $\text{mval}$  magnezu to 12  $\text{mg}$  magnezu).

**Twardość ogólna:** parametr określający zawartość w wodzie wielowartościowych kationów metali, głównie wapnia i magnezu. Oznaczenie polega na miareczkowaniu próbki wody mianowanym roztworem wersenianu dwusodowego wobec czerni eriochromowej jako wskaźnika. W punkcie końcowym miareczkowania barwa roztworu zmienia się z różowej na niebieską. Wynik oznaczenia podawany jest w  $\text{mval/dm}^3$  (miligramorównoważnik – milival). 1  $\text{mmol}$  (milimol) zużytego roztworu wersenianu dwusodowego odpowiada 2  $\text{mvalom}$  twardości ogólnej (sumie zawartości wapnia i magnezu).

**Twardość wapniowa:** oznaczenie wykonywane jest na podobnej zasadzie jak twardość ogólna, ale wykonywane w środowisku pozwalającym na selektywne oznaczenie samego wapnia. Wynik oznaczenia podawany jest w  $\text{mval/dm}^3$  (miligramorównoważnik – milival). 1  $\text{mmol}$  (milimol) zużytego roztworu wersenianu dwusodowego odpowiada 2  $\text{mvalom}$  wapnia (1  $\text{mval}$  wapnia to 20  $\text{mg}$  wapnia).

**Kation amonowy:** oznaczenie fotometryczne z wykorzystaniem gotowego zestawu odczynników i uniwersalnego, standardowego fotometru (MPM 3000 lub SQ 300)

**Siarczany:** metoda półilościowa opierająca się o obserwację intensywność wydzielania się białego osadu siarczanu baru po dodaniu do badanej próbki roztworu chlorku baru.

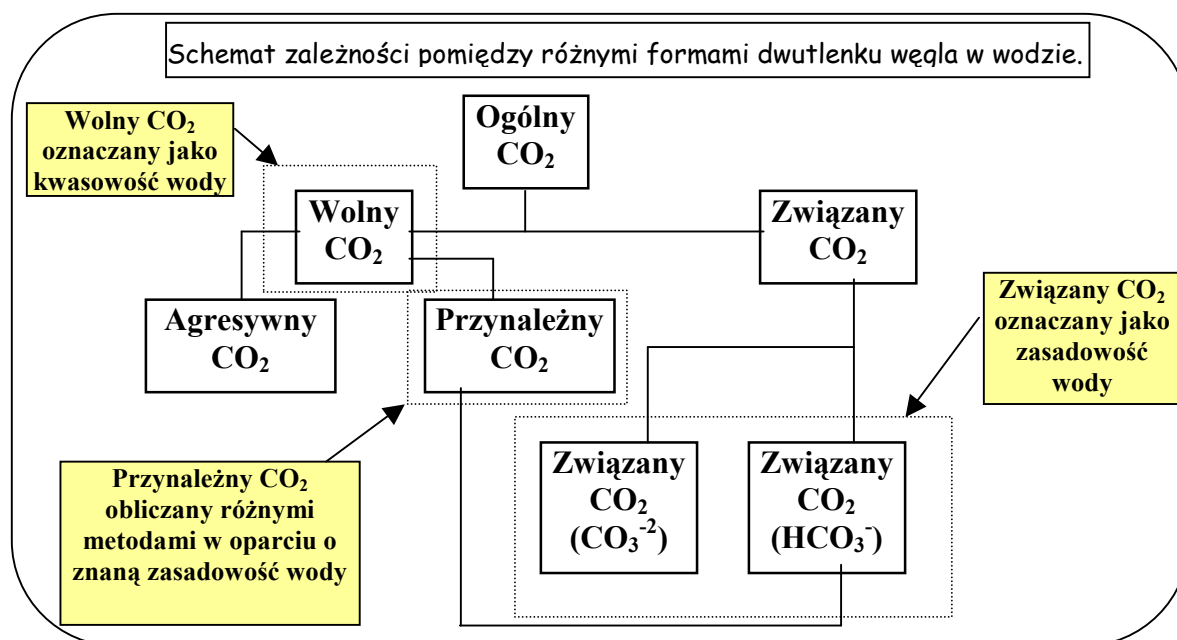
**Agresywny dwutlenek węgla:** Ogólny  $\text{CO}_2$  zawarty w wodzie dzielimy na wolny i związany. Związany  $\text{CO}_2$  znajduje się w wodzie pod postacią wodorowęglanów ( $\text{HCO}_3^-$ ) i węglanów ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). Przy odczynie wody nie przekraczającym 9 pH węglany praktycznie nie występują. Wolny  $\text{CO}_2$  występuje w postaci rozpuszczonej i jako kwas węglowy. W wodach naturalnych prawie cały wolny  $\text{CO}_2$  znajduje się w postaci rozpuszczonej, tylko niespełna 1% występuje w postaci kwasu węglowego.

Część wolnego  $\text{CO}_2$  niezbędna do utrzymania w roztworze rozpuszczonego wodorowęglanu wapnia:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  nazywa się dwutlenkiem węgla równowagi węglanowo-wapniowej lub przynależnym dwutlenkiem węgla.

Pozostała część wolnego  $\text{CO}_2$ , czyli nadmiar wolnego  $\text{CO}_2$  w stosunku do stechiometrycznej ilości  $\text{CO}_2$  przynależnego (równowagi) jest dwutlenkiem węgla agresywnym w stosunku do betonu i metali. Oszacowania ilości agresywnego  $\text{CO}_2$  można dokonać na podstawie zależności:

$$\text{CO}_{2(\text{agresywny})} = \text{CO}_{2(\text{wolny})} - \text{CO}_{2(\text{przynależny})} \quad [\text{mg CO}_2/\text{dm}^3]$$

Zasada wybranej metody polega na oznaczeniu temperatury próbki, zawartości substancji rozpuszczonych, zawartości wapnia, wolnego dwutlenku węgla i zasadowości próbki, a następnie przy pomocy nomogramów, określeniu zawartości agresywnego dwutlenku węgla.



**Temperatura:** pomiar za pomocą termometru laboratoryjnego lub odczyt temperatury z multimetru w trakcie pomiaru odczynu lub przewodnictwa.

**Wapń:** zawartość wapnia obliczana w oparciu o analizę twardości wapniowej.

**Wolny dwutlenek węgla:** oznaczenie zawartości wolnego dwutlenku węgla polega na miareczkowaniu próbki badanej wody mianowanym roztworem wodorotlenku sodu wobec fenolofteiny jako wskaźnika (czasami dla tego wskaźnika stosuje się skrót p lub ph. od angielskiej nazwy *phenolphthalein*). Końcowy punkt miareczkowania określany jest przez wystąpienie wyraźnie różowego zabarwienia utrzymującego się przez trzy minuty (1 mmol zużytego wodorotlenku sodu odpowiada 44 mg wolnego CO<sub>2</sub>). Tak oznaczona zawartość wolnego dwutlenku węgla w wodzie określaną jest również jako kwasowość ogólna wody, a jej wynik może być podawany np. w mval/dm<sup>3</sup>. Kwasowość wody określa zdolność wody do zobojętniania mocnych zasad i jest związana z występowaniem w wodzie rozpuszczonego dwutlenku węgla, który tworząc słaby kwas węglowy, zobojętnia zasady wprowadzane do wody.

**Zasadowość wody:** oznaczenie zasadowości wody (poprawniej: zasadowości ogólnej wody) polega na miareczkowaniu próbki badanej wody mianowanym roztworem kwasu solnego wobec oranżu metylowego jako wskaźnika. Końcowy punkt miareczkowania określany jest przez pierwszą zmianę zabarwienia (1 mmol zużytego kwasu solnego odpowiada mvalowi zasadowości). Zasadowość wody określa zdolność wody do zobojętniania mocnych kwasów i jest związana z występowaniem w wodzie węglanów i wodorowęglanów, które wchodzą w reakcje z mocnymi kwasami, zobojętniają je.

**Informacje ogólne:** Oznaczenia twardości wody muszą być poprzedzone oznaczeniem zasadowości wody (wielkości uzyskane przy oznaczaniu zasadowości wykorzystywane są podczas przygotowania próbki do oznaczania twardości).

Ze względu na stosowane w chemii wody jednostki dotyczące głównie podawania wartości zasadowości i twardości konieczne jest posługiwanie pojęciami: gramorównoważnik (val) i stężenie normalne (stężenie wyrażone w gramorównoważnikach na litr roztworu – val/dm<sup>3</sup>). W stosowanych oznaczeniach skrótowych stężeń, stężenie normalne oznaczane jest przez „n” (np. roztwór NaOH 0,1 n – oznacza roztwór NaOH o stężeniu 0,1 val/dm<sup>3</sup>), w odróżnieniu od oznaczenia „m”, które oznacza stężenie molowe (np. roztwór NaOH 0,1 m – oznacza roztwór NaOH o stężeniu 0,1 mol/dm<sup>3</sup>). Na potrzeby obliczeń stosowanych przy opracowaniu wyników dotyczących oznaczeń opartych o reakcje z udziałem kwasów, zasad i soli można, w uproszczeniu, przyjąć, że masę jednego gramorównoważnika substancji można praktycznie obliczyć jako:

- dla kwasów: masa jednego mola kwasu podzielona przez wartościowość reszty kwasowej
- dla zasad: masa jednego mola zasady podzielona przez wartościowość kationu
- dla anionów i kationów: masa jednego mola anionów/kationów podzielona przez wartościowość anionu/kationu
- dla soli: masa jednego mola soli podzielona przez sumę wartościowości kationów lub sumę wartościowości anionów tworzących cząsteczkę soli

Formułując to ogólniej: masa jednego gramorównoważnika kwasu, soli, zasady, anionu/kationu jest to, wyrażona w gramach, masa równoważna jednemu molowi jonów wodorowych lub wodorotlenowych. Stosowany skrót „val” pochodzi od angielskiej nazwy gramorównoważnika „*equivalent*”.

Wykorzystywane jednostki oznaczane jako mval i mmol oznaczają odpowiednio miligramorównoważnik i milimol (10<sup>-3</sup> gramorównoważnika lub mola). W praktycznym ujęciu można je traktować jako wartości liczbowo równe masie jednego gramorównoważnika lub jednego mola wyrażone w miligramach (mg).

Jednym z głównych powodów stosowania pojęcia gramorównoważnika, w tradycyjnej chemii analitycznej wody, pomimo iż nie jest to oficjalna jednostka układu SI, jest ułatwiony sposób dokonywania przeliczeń wyników oznaczeń. Sposób zdefiniowania pojęcia gramorównoważnika oznacza, że substancje reagują ze sobą w stosunku 1 : 1 jeżeli ich ilości wyrażone są w valach. Pozwala to łatwo obliczyć ilość substancji oznaczanej w oparciu o znaną ilość substancji zużytej przy jej oznaczaniu (bez konieczności zapisu reakcji i ustalania proporcji molowych w jakich te substancje ze sobą reagują). Stosując podczas oznaczeń roztwory, których stężenie podawane jest jako normalne w prosty sposób można dokonać przeliczenia objętości zużytego titranta na jego ilość wyrażoną w valach (lub mvalach), a zgodnie z definicją vala jest to jednocześnie ilość oznaczanej substancji wyrażona w valach (lub milivalach).

## Wykonanie oznaczeń

### Odczyn, przewodnictwo:

Pomiar z wykorzystaniem multimetru zgodnie z instrukcją obsługi urządzenia.

### Siarczany:

Określenie klasy ekspozycji wymaga ustalenia zakresu zawartości siarczanów w jednym z czterech przedziałów:

- do 200 mg/dm<sup>3</sup> – bak oddziaływania agresywnego powodowanego obecnością siarczanów
- 200 ÷ 600 mg/dm<sup>3</sup> klasa XA1
- 600 ÷ 3 000 mg/dm<sup>3</sup> klasa XA2
- 3 000 ÷ 6 000 mg/dm<sup>3</sup> klasa XA3

Szacunkowe oznaczenie można wykonać stosując metodę półilościową.

Do próbki wlewa się 5 ml badanej wody (jeżeli woda jest mętna należy ją przed badaniem przesączyć). Następnie dodaje się 2,5 ml 10% roztworu HCl (wymieszać) oraz 2,5 ml 10% roztworu chlorku barowego BaCl<sub>2</sub>. Po jego dodaniu i natychmiastowym wymieszaniu uruchamia się stoper. Zawartość jonu siarczanowego określa się w zależności od szybkości powstawania zmętnienia, według poniższej tabeli:

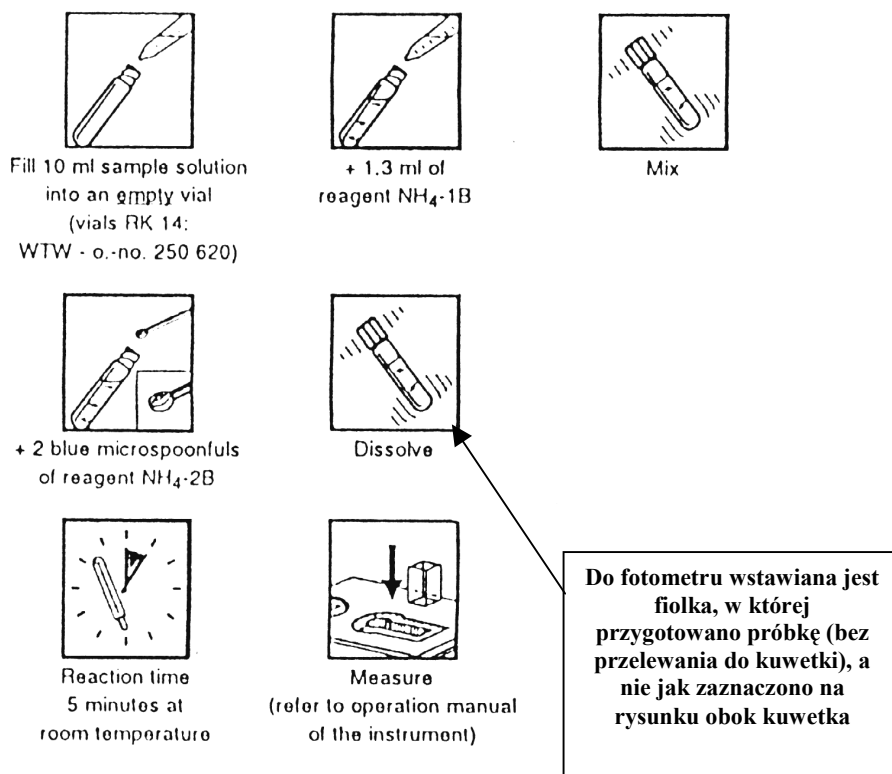
Mętnienie po upływie sekund	Zawartość jonu siarczanowego SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]
0 obfity osad	> 600
0 zmętnienie	~ 600
5	100
7	80
10	70
15	60
20	50
30	40
45	30
1 min	25
2 min	15
5 min	10

Jeżeli wynik pierwszego oznaczenia wskazuje na zawartość siarczanów powyżej 100 mg/dm<sup>3</sup> oznaczenie należy powtarzać stosując rozcieńczanie wody badanej. Rozcieńczania należy dokonać wodą redestylowaną odmierzając do próbki wody badanej, o objętości 5 ml, porcje wody redestylowanej o objętości 5 ml (5 ml + 5 ml – rozcieńczenie 2x, 5 ml + 2x5 ml - rozcieńczenie 3x, 5 ml + 3x5 ml - rozcieńczenie 4x, itd.) lub wykorzystując odpowiednio dobrany zestaw kolba miarowa i pipeta jednomiarowa. Wymaganą krotność rozcieńczenia można oszacować na podstawie wyniku pierwszego oznaczenia próbki nie rozcieńczonej. Do analizy użyć 5 ml próbki rozcieńczonej. Rozcieńczanie i określanie zawartości siarczanów kontynuować do uzyskania wyniku, dla próbki rozcieńczonej, ≤ 100 mg SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>/dm<sup>3</sup>. W celu ustalenia zawartości siarczanów w wodzie badanej, uzyskany dla próbki rozcieńczonej, wynik należy pomnożyć przez stopień rozcieńczenia.

#### **Kation amonowy NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**

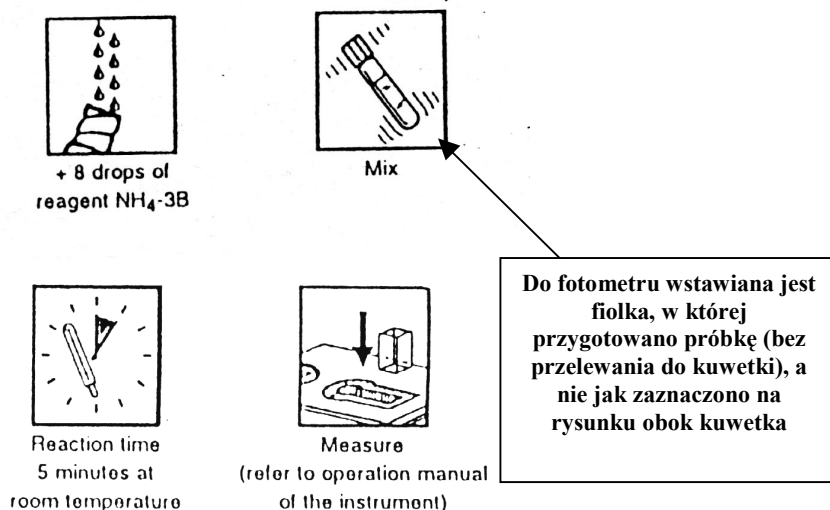
Do wykonania oznaczenia wykorzystane zostaną: uniwersalny standardowy fotometr MPM 3000 lub SQ300 i zestaw odczynników do oznaczania azotu amonowego (test nr 14752, pozycja filtra 5). Wykonanie analizy polega na przygotowaniu i pomiarze ślepej próby (jeśli jest wymagana) oraz wykonaniu właściwego oznaczenia. Oznaczenie wykonywane będzie z użyciem kuwetki okrągłej 14 mm (fiolki), dla której zakres pomiarowy wynosi 0,09 ÷ 2,49 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/dm<sup>3</sup>. W oparciu o spodziewany wynik należy przygotować odpowiednie rozcieńczenie próbki (wodą redestylowaną) tak aby wynik oznaczenia zawarty był w zakresie pomiarowym. Oznaczenie należy wykonać zgodnie z instrukcją obsługi fotometru i instrukcją dołączoną do zestawu odczynników. Przy ustalaniu wyniku należy uwzględnić zastosowane rozcieńczenie próbki.

Ślepa próba:



Oznaczenie:

Bezpośrednio po wyzerowaniu fotometru kontynuowane jest dodawanie odczynników do próbki wykorzystanej jako ślepa próba



### **Określenie zawartości agresywnego dwutlenku węgla w wodzie.**

Należy oznaczyć temperaturę próbki, zawartość substancji rozpuszczonych (pomiar przewodnictwa), zawartości wapnia (oznaczenie twardości wapniowej), wolnego dwutlenku węgla i zasadowości próbki.

### **Wolny dwutlenek węgla.**

Do kolby stożkowej odmierzyć 100 ml próbki, dodać fenoloftaleinę (10 kropli), i miareczkować r-rem 0,05 n NaOH do wyraźnie różowego zabarwienia utrzymującego się przez 3 minuty. Wynik podać w oparciu o średnią z dwóch oznaczeń. Zużyta ilość roztworu NaOH przeliczyć na zawartość wolnego CO<sub>2</sub> [mg/dm<sup>3</sup>].

### **Zasadowość próbki.**

Oznaczanie zasadowości ogólnej wykonuje się stosując jako wskaźnik oranż metylowy (5 kropli) i miareczkowanie próbki r-rem HCl do pierwszej zmiany zabarwienia. Oznaczenie wykonać stosując roztwór HCl o stężeniu 0,1 n i próbkę o objętości 100 cm<sup>3</sup>. Wynik, w mval/dm<sup>3</sup>, obliczyć w oparciu o średnią z dwóch oznaczeń.

### **Zawartość magnezu Mg<sup>+2</sup>**

Określenie zawartości magnezu wykonane zostanie na podstawie oznaczenia twardości ogólnej wody (suma zawartości wapnia i magnezu) oraz twardości wapniowej (zawartość wapnia). Na podstawie wykonanych oznaczeń należy obliczyć zawartość magnezu i wapnia (potrzebna do określenia zawartości agresywnego dwutlenku węgla) w wodzie.

### **Oznaczenie twardości ogólnej:**

1. do kolby stożkowej odmierzyć 50 ml próbki, następnie dodać 0,1 n HCl w takiej ilości jaka została zużyta do oznaczenia zasadowości ogólnej (z uwzględnieniem ewentualnych różnic w objętości próbek) oraz 0,5 ml nadmiaru 0,1 n HCl – oznaczenie zasadowości ogólnej opisane jest w punkcie dotyczącym agresywnego dwutlenku węgla
2. ogrzać próbkę do wrzenia i utrzymać w tym stanie 1 minutę.
3. ostudzić zawartość kolby
4. dodać 1 ml chlorowodoru hydroksyloaminy
5. dodać 1 ml buforu amonowego
6. zamieszać
7. dodać 1 małą łyżeczkę czerni eriochromowej i natychmiast miareczkować 0,05 m wersenianem dwusodowym do uzyskania niebieskiego koloru (miareczkowanie należy zakończyć w czasie krótszym niż 5 minut od chwili dodania wskaźnika)

Obliczenia twardości ogólnej (w mval/dm<sup>3</sup> dokonać na podstawie objętości użytej próbki oraz podanych, we wcześniejszej części instrukcji, informacji dotyczących przeliczenia ilości wersenianu dwusodowego na twardość ogólną). Twardość ogólną podać w oparciu o co najmniej dwa wyniki miareczkowania.

### **Oznaczenie twardości wapniowej**

1. do kolby stożkowej odmierzyć 100 ml próbki, następnie dodać 0,1 n HCl w takiej ilości jaka została zużyta do oznaczenia zasadowości ogólnej (z uwzględnieniem ewentualnych różnic w objętości próbek) oraz 0,5 ml nadmiaru 0,1 n HCl – oznaczenie zasadowości ogólnej opisane jest w punkcie dotyczącym agresywnego dwutlenku węgla
2. ogrzać próbkę do wrzenia i utrzymać w tym stanie 1 minutę.
3. ostudzić zawartość kolby



4. dodać 2 ml 1n NaOH
5. dodać 1 małą łyżeczkę mureksydu i natychmiast miareczkować 0,05 m wersenianem dwusodowym do uzyskania koloru takiego jak wzorzec przygotowany wg przepisu:
  - ◆ 100 ml wody destylowanej
  - ◆ dodać 2 ml 1n NaOH
  - ◆ dodać 1 małą łyżeczkę mureksydu
  - ◆ dodać 2-3 krople 0,05 m wersenianu dwusodowego

Obliczenia twardości wapniowej (w mval/dm<sup>3</sup>) dokonać na podstawie objętości użytej próbki oraz podanych, we wcześniejszej części instrukcji, informacji dotyczących przeliczenia ilości wersenianu dwusodowego na twardość wapniową). Twardość wapniową podać w oparciu o co najmniej dwa wyniki miareczkowania.

Uzyskane wartości twardości ogólnej i wapniowej (w mval/dm<sup>3</sup>) przeliczyć na zawartość w wodzie wapnia i magnezu (w mg/dm<sup>3</sup>).

### **Obliczenie zawartości agresywnego dwutlenku węgla.**

Na podstawie otrzymanych wyników odczytać z nomogramu nr 1 wartość współczynnika „A”, postępując w podany sposób:

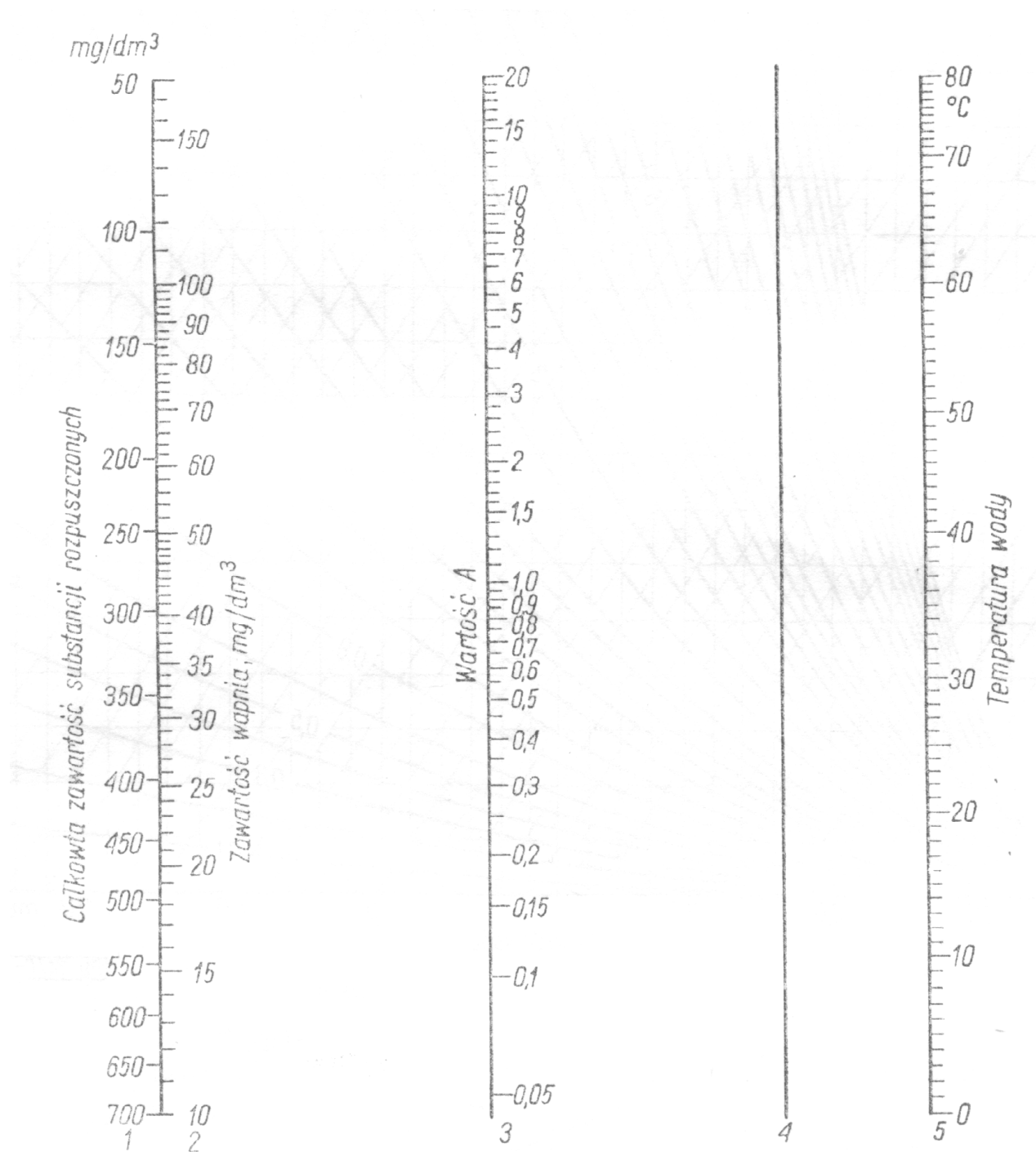
1. Połączyć prostą punkty na skalach 1 i 5 odpowiadające zawartości substancji rozpuszczonych oraz temperaturze próbki.
2. Punkt przecięcia otrzymanej prostej z linią 4 połączyć prostą z punktem odpowiadającym na skali 2 zawartości wapnia w próbce.
3. Na skali 3 w punkcie jej przecięcia się z przeprowadzoną prostą odczytać wartość współczynnika „A”.

Na podstawie otrzymanych wyników oznaczania zasadowości próbki, zawartości w niej wolnego dwutlenku węgla oraz odczytanej z nomogramu nr 1 wartości współczynnika „A” odczytać z nomogramu nr 2 zawartość przynależnego dwutlenku węgla, postępując w następujący sposób:

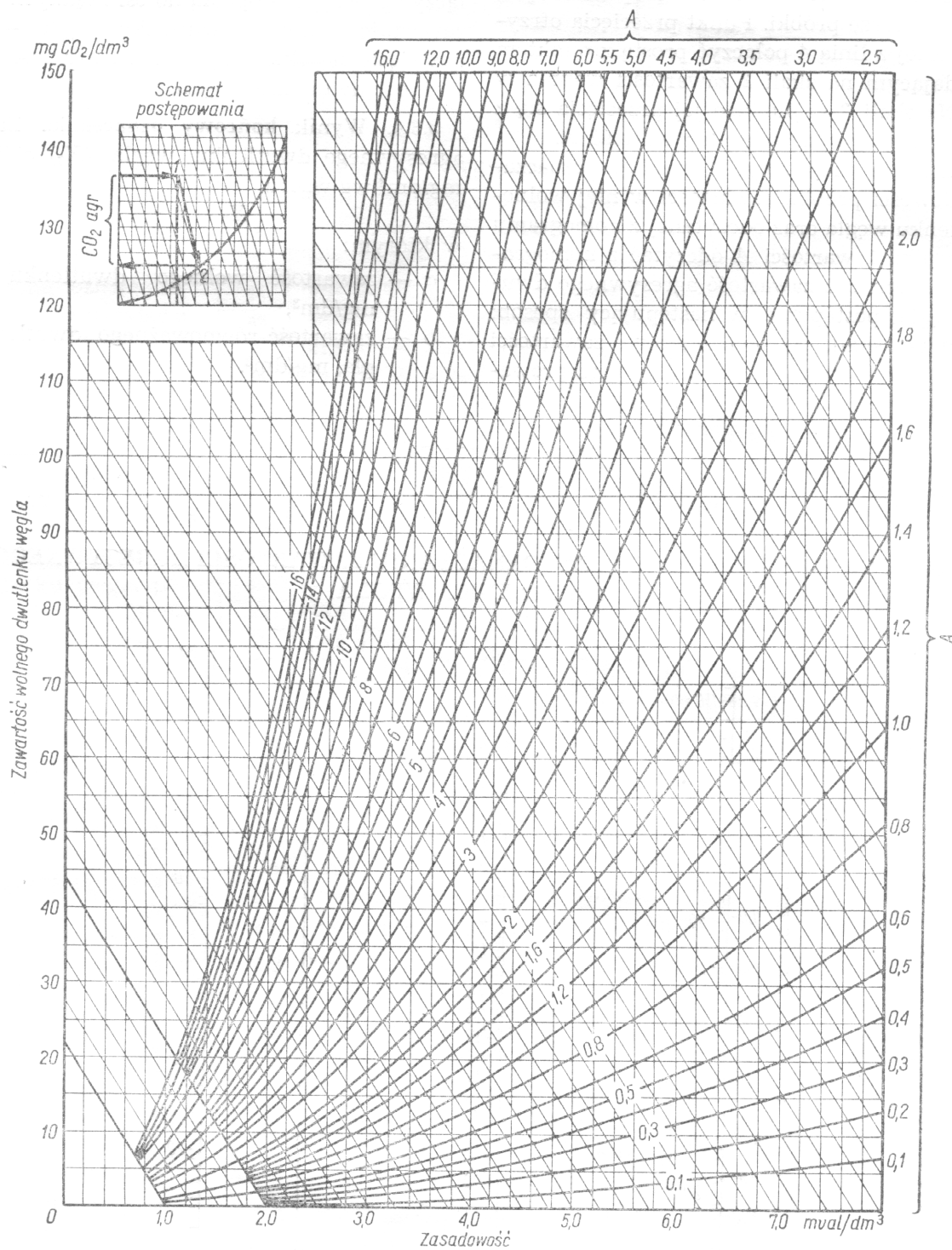
1. z punktu na skali, odpowiadającego zawartości wolnego dwutlenku węgla w próbce przeprowadzić prostą prostopadłą do osi rzędnych, a z punktu na skali odpowiadającego zasadowości próbki przeprowadzić prostą prostopadłą do osi odciętych.
2. z punktu przecięcia tych prostych poprowadzić prostą równoległą do ukośnych linii siatki
3. punkt przecięcia otrzymanej prostej z krzywą (zaznaczoną na nomogramie lub wyznaczoną przez interpolację) odpowiadającą znalezionej wartości A połączyć prostą prostopadłą do osi rzędnych ze skalą zawartości wolnego dwutlenku węgla
4. punkt przecięcia na skali odpowiada zawartości przynależnego dwutlenku węgla.

Zawartość agresywnego dwutlenku węgla obliczyć, w mg/dm<sup>3</sup>, jako różnicę pomiędzy zawartością wolnego dwutlenku węgla, a zawartością przynależnego dwutlenku węgla.

Nomogram nr 1 (wg PN-74/C-04547)



Nomogram nr 2 (wg PN-74/C-04547)



W sprawozdaniu należy zamieścić:

- wartości pomierzone i obserwacje dokonane w czasie zajęć (tabelarycznie)
- nomogramy z zaznaczeniem sposobu odczytania potrzebnych wartości
- szczegółowe przeliczenia i ich wyniki (tabelarycznie)
- ustalenie klas ekspozycji dla każdego ze zmierzonych parametrów
- określenie łącznej klasy ekspozycji
- zalecane wartości graniczne dotyczące składu oraz właściwości betonu dla ustalonej klasy ekspozycji środowiska chemicznie agresywnego

Data:

Grupa:

Skład zespołu:

Przygotowujący sprawozdanie:

Pozostali członkowie zespołu:

Tab. 1. Wartości pomierzone i obserwacje

Parametr	Metodyka		Obserwacje/Wynik analizy-jednostka
Odczyn			
Przewodnictwo			
Kation amonowy	Sposób rozcieńczenia próbki:		
Zasadowość	Stężenie r-ru HCl:		Objętość zużytego r-ru HCl [ml]
	Objętość próbki:		$V_1 =$ $V_2 =$
Wolny CO <sub>2</sub>	Stężenie r-ru NaOH:		Objętość zużytego r-ru NaOH [ml]
	Objętość próbki:		$V_1 =$ $V_2 =$
Twardość ogólna	Stężenie r-ru wersenianu:		Objętość zużytego r-ru wersenianu [ml]
	Objętość próbki:		$V_1 =$ $V_2 =$
Twardość wapniowa	Stężenie r-ru wersenianu:		Objętość zużytego r-ru wersenianu [ml]
	Objętość próbki:		$V_1 =$ $V_2 =$
Temperatura			
Siarczany	Próbka nie rozcieńczona:		
	Próbki rozcieńczane (wpisać sposób rozcieńczenia):		
	1.		
	2.		
	3.		
	4.		
5.			

Tab. 2. Obliczane wartości pośrednie potrzebne do ustalenia wymaganych parametrów wody.

Parametr	Jednostka	Wartość		
Substancje rozpuszczone	mg/dm <sup>3</sup>			
Zasadowość	mval/dm <sup>3</sup>			
Wolny CO <sub>2</sub>	mg/dm <sup>3</sup>			
Twardość ogólna	mval/dm <sup>3</sup>			
Twardość wapniowa	mval/dm <sup>3</sup>			
Zawartość Ca <sup>+2</sup>	mval/dm <sup>3</sup>			
	mg/dm <sup>3</sup>			
Zawartość Mg <sup>+2</sup>	mval/dm <sup>3</sup>			
Zawartość SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	Krotność rozcieńczenia	Wartość	
			Bezpośrednio odczytana	Przeliczona z uwzględnieniem rozcieńczenia
Wartości odczytane z nomogramów				
Współczynnik „A”	-			
Przynależny CO <sub>2</sub>	mg/dm <sup>3</sup>			

Tab. 3. Wyniki oznaczeń

Charakterystyka chemiczna	Woda gruntowa	
	Wartość	Klasa ekspoz.
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , mg/l		
Odczyn, pH		
CO <sub>2</sub> agresywny, mg/l		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mg/l		
Mg <sup>+2</sup> , mg/l		
<b>Łączna klasa ekspozycji</b>		

**Tę kartkę po wypełnieniu należy zostawić u prowadzącego**

Data:

Grupa:

Skład zespołu:

Przygotowujący sprawozdanie:

Pozostali członkowie zespołu:

Wartości pomierzone i obserwacje

Parametr	Metodyka	Obserwacje/Wynik analizy-jednostka
Odczyn		
Przewodnictwo		
Kation amonowy	Sposób rozcieńczenia próbki:	
Zasadowość	Stężenie r-ru HCl:	Objętość zużytego r-ru HCl [ml]
	Objętość próbki:	$V_1 =$ $V_2 =$
Wolny CO <sub>2</sub>	Stężenie r-ru NaOH:	Objętość zużytego r-ru NaOH [ml]
	Objętość próbki:	$V_1 =$ $V_2 =$
Twardość ogólna	Stężenie r-ru wersenianu:	Objętość zużytego r-ru wersenianu [ml]
	Objętość próbki:	$V_1 =$ $V_2 =$
Twardość wapniowa	Stężenie r-ru wersenianu:	Objętość zużytego r-ru wersenianu [ml]
	Objętość próbki:	$V_1 =$ $V_2 =$
Temperatura		
Siarczany	Próbka nie rozcieńczona:	
	Próbki rozcieńczane (wpisać sposób rozcieńczenia):	
	1.	
	2.	
	3.	
	4.	
5.		

## Korozja betonu

Według normy PN-86/B-01802 „Antykorozyjne zabezpieczenia w budownictwie. Konstrukcje betonowe i żelbetowe. Nazwy i określenia” wyróżnia się następujące nazwy i określenia związane z korozją betonu i żelbetu:

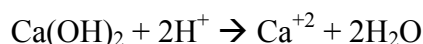
- **korozja betonu** — nieodwracalna zmiana właściwości betonu w wyniku destrukcyjnego oddziaływania agresywnego środowiska zewnętrznego lub w wyniku destrukcyjnych procesów zachodzących między niektórymi składnikami cementu albo cementu i kruszywa.
- **korozja wewnętrzna betonu** — nieodwracalna zmiana właściwości betonu w wyniku destrukcyjnych procesów zachodzących między niektórymi składnikami cementu lub cementu i kruszywa.
- **skutkowy podział korozji betonu w zależności od skutków działania korozji**
  - **korozja betonu I typu** — procesy polegające na fizycznym rozpuszczaniu i wymywaniu (ługowaniu) z betonu rozpuszczalnych składników przez wodę środowiskową.
  - **korozja betonu II typu** — procesy związane z reakcjami wymiany między składnikami betonu, a środowiskiem agresywnym i z powstawaniem łatwo rozpuszczalnych soli lub produktów nie wykazujących własności wiążących.
  - **korozja betonu III typu** — procesy związane z powstawaniem trudno rozpuszczalnych soli, które podczas krystalizacji zwiększają swoją objętość.
  - **korozja betonu złożona** — procesy korozji betonu więcej niż jednego typu.
- **przyczynowy podział korozji betonu w zależności od rodzaju środowiska agresywnego**
  - **korozja ługowania** — korozja wywołana rozpuszczaniem i wymywaniem (ługowaniem) z betonu jego rozpuszczalnych składników.
  - **korozja kwasowa** — korozja wywołana reakcją składników betonu z kwaśnym środowiskiem agresywnym.
  - **korozja węglanowa** — korozja wywołana reakcją składników betonu ze środowiskiem agresywnym zawierającym dwutlenek węgla.
  - **korozja magnezowa** — korozja wywołana reakcją składników betonu ze środowiskiem o agresywności magnezowej.
  - **korozja amonowa** — korozja wywołana reakcją składników betonu ze środowiskiem o agresywności amonowej.
  - **korozja siarczanowa** — korozja wywołana reakcją składników betonu ze środowiskiem o cechach agresywności siarczanowej.
  - **korozja zasadowa** — korozja wywołana reakcją składników betonu z zasadowym środowiskiem zewnętrznym.
  - **korozja złożona** — korozja wywołana reakcją składników betonu ze środowiskiem o cechach kilku rodzajów agresywności.
- **korozja żelbetu** — niszczenie powodowane korozją betonu lub zbrojenia, bądź jednoczesną korozją betonu i zbrojenia.
- **korozja pod naprężeniem** — korozja betonu lub zbrojenia wywołana równoczesnym działaniem środowiska agresywnego i naprężeń mechanicznych.
- **karbonizacja betonu** — reakcja kamienia cementowego z gazowym dwutlenkiem węgla (CO<sub>2</sub>), powodująca obniżenie zasadowości ciekłej fazy betonu.

Mechanizmy poszczególnych typów korozji (Czarnecki L., Broniewski T., Henning O.: Chemia w budownictwie. Arkady. W-wa 1996):

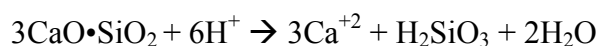
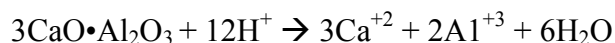
**Korozja ługowania** spowodowana jest działaniem wód miękkich, pozbawionych soli wapniowych, o małej twardości węglanowej. Wymywaniu ulega przede wszystkim  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Ługowanie jest procesem dyfuzyjnym, na którego przebieg istotnie wpływa szybkość przepływu i ciśnienie wody. Agresywność wód miękkich zwiększa się w niższych temperaturach, gdyż rozpuszczalność  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  jest wtedy większa. Agresywności ługującej najczęściej towarzyszy agresywność kwasowa lub węglanowa.

**Korozja kwasowa** jest spowodowana przez wodne roztwory mocnych kwasów mineralnych, np.  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  lub  $\text{HNO}_3$ , słaby kwas siarkowodorowy  $\text{H}_2\text{S}$  oraz kwasy organiczne, np. octowy, mlekowy, a także zawarte w gruncie kwasy humusowe. Związki te reagują ze składnikami kamienia cementowego, tworząc łatwo rozpuszczalne sole:

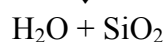
- z wodorotlenkiem wapniowym



- z glinianami i krzemianami:



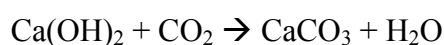
↓



Proces ten powoduje stopniowe zwiększanie porowatości betonu i obniżanie jego wytrzymałości. Kwasy reagują również z węglanem wapniowym, powstającym w wyniku karbonatyzacji betonu; mogą także rozkładać niektóre kruszywa, zwłaszcza węglanowe

$$\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{+2} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$$

**Korozja węglanowa** spowodowana jest działaniem wód zawierających większe ilości wolnego  $\text{CO}_2$ . Jest to odmiana korozji kwasowej, połączona z ługowaniem. Początkowo powstaje węglan wapniowy



który następnie przechodzi w łatwo rozpuszczalny wodorowęglan wg reakcji

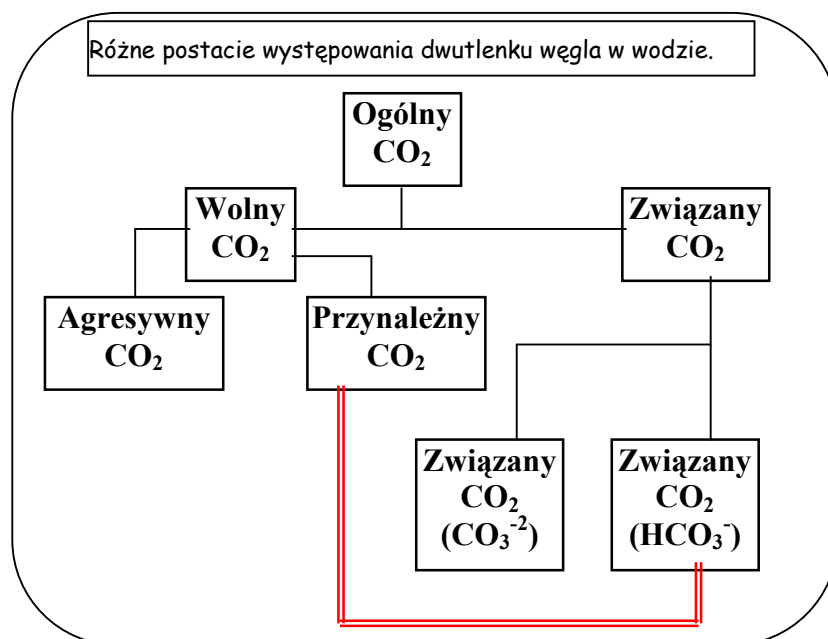




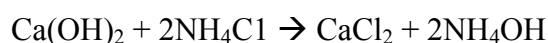
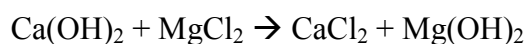
Dwutlenek węgla może występować w roztworach wodnych w różnych postaciach. Jedynie część wolnego CO<sub>2</sub>, nie uczestnicząca w utrzymywaniu równowagi



wykazuje działanie agresywne.

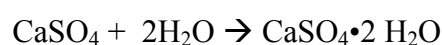
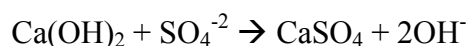


**Korozje magnezowa i amonowa** przebiegają według tego samego mechanizmu wymiany jonów wapniowych:



Magnez zastępuje wapń w strukturze betonu, tworząc nierozpuszczalny w wodzie wodorotlenek, który nie ma właściwości wiążących. Źródłem jonów magnezowych są wody morskie, a także substancje stosowane do odładzania nawierzchni dróg. W reakcji z solami amonowymi mogą powstawać rozpuszczalne sole wapniowe, a ponadto wydzielający się amoniak zwiększa porowatość materiału.

**W korozji siarczanowej** jony siarczanowe reagują ze składnikami stwardniałego zaczynu cementowego, tworząc nierozpuszczalne produkty korozji, krystalizujące z przyłączeniem wody i zwiększające przy tym znacznie swoją objętość. W pierwszej fazie wodorotlenek wapniowy przechodzi w uwodniony siarczan wapniowy:



Następnie zaś powstaje monosiarczanoglinian



lub siarczanoglinian trójwapniowy, zwany też *etryngitem* lub *solą Candlota*



Jest to tzw. *bakcyl cementowy*. W pierwszym stadium korozji siarczanowej następuje uszczelnienie betonu wskutek stopniowego wypełniania kapilar i porów materiału, czemu towarzyszy zwiększenie wytrzymałości. Przy dalszym wzroście kryształów powstają bardzo duże naprężenia wewnętrzne (np. ciśnienie krystalizacyjne przy przejściu CaSO<sub>4</sub> w CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O wynosi ok. 110 MPa), powodujące rysy i pęknięcia, a wreszcie całkowite zniszczenie tworzywa. Korozja siarczanowa stanowi najczęściej spotykane zagrożenie dla betonu. Jest ona zarazem szczególnie niebezpieczna, zwłaszcza gdy występuje łącznie z korozją kwasową, co ma miejsce podczas opadów kwaśnych deszczy.

Pod działaniem wody morskiej, wód kopalnianych lub środków odladzających może wystąpić korozja chlorkowa, związana z powstawaniem *solii Friedla*  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaCl}_2\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

**Beton jest zasadniczo odporny na działanie niezbyt stężonych zasad.** Natomiast roztwory mocnych zasad (ługi), na przykład o stężeniu w przypadku ługu sodowego lub potasowego >10%, powodują stopniowy rozkład betonu, zwłaszcza w podwyższonej temperaturze, wskutek tworzenia się rozpuszczalnych krzemianów i glinianów sodowych bądź potasowych.

**Tłuszcze i oleje roślinne** lub zwierzęce — jako glicerydy kwasów tłuszczowych — mogą ulegać rozkładowi (zmydłaniu) wskutek oddziaływania zasadowego środowiska betonu. W rezultacie powstają sole wapniowe kwasów tłuszczowych (mydła wapniowe) o niespoistej strukturze oraz gliceryna. Charakterystycznym objawem tej korozji jest rozluźnienie i rozmiękczenie powierzchni betonu. Agresywność tłuszczów i olejów w normalnej temperaturze jest niewielka, natomiast w temperaturze podwyższonej (> ok. 80°C) korozja ta staje się intensywna.

**Oleje mineralne i smary**, składające się głównie z węglowodorów, są nieagresywne w stosunku do betonu. Wyjątek stanowią wyroby przemysłu rafineryjnego, zawierające składniki kwaśne pochodzące z rafinacji chemicznej, lub oleje maszynowe, które po długim czasie użytkowania (oleje „wypracowane”) zawierają kwaśne produkty utleniania. W tych przypadkach może wystąpić korozja kwasowa betonu. Niezależnie od tego, przesycenie betonu olejami mineralnymi i tłuszczami powoduje, wskutek obniżenia tarcia wewnętrznego tworzywa, obniżenie wytrzymałości sięgające nawet 25% oraz zmniejszenie przyczepności betonu do zbrojenia, a spoiwa cementowego do ziaren kruszywa.

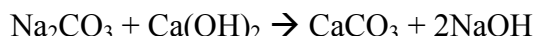
**Korozja wewnętrzna** w wyniku alkalicznej reakcji kruszywa może mieć miejsce w przypadku kruszyw zawierających reaktywną krzemionkę koloidalną lub słabo skrzystalizowaną, która reaguje z alkaliami ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ) zawartymi w cemencie



Z alkaliami reagują także odmiany dolomitu



Węglan sodowy reaguje następnie z wodorotlenkiem wapniowym zawartym w betonie



w wyniku czego odtwarza się wodorotlenek sodowy i proces postępuje dalej.

Według normy PN-86/B-01802 dla zabezpieczenia przed korozją betonu i żelbetu mogą być stosowane:

- **materiałowo-strukturalna ochrona betonu** – wykonanie betonu odporniejszego od betonu modelowego osiągnięte przez:
  - dobór materiałów,
  - zmianę składu i struktury betonu,
  - zastosowanie zbrojenia o zwiększonej odporności.
- **powierzchniowe zabezpieczenie przed korozją osiągnięte przez ograniczenie lub wyeliminowanie działania środowiska na konstrukcję po jej wykonaniu**
  - **materiały powierzchniowego zabezpieczenia**
    - **kit chemoodporny** — materiał składający się z chemicznie odpornego spoiwa i drobnoziarnistego wypełniacza (< 0,2 mm).
    - **zaprawa chemoodporna** — materiał składający się z chemicznie odpornego spoiwa, drobnoziarnistego wypełniacza i piasku.

- **środki powierzchniowego zabezpieczenia**
  - **procesy przekształcenia chemicznego** — lub impregnacji betonu — traktowanie stwardniałego betonu cieczami o małej lepkości lub gazami, które wnikając w traktowany beton, powodują zmianę niektórych jego cech fizykochemicznych. Do procesów tych zalicza się:
    - hydrofobizację żywicami krzemoorganicznymi (silikonowanie),
    - krzemianowanie szkłem wodnym (silikatyżacja),
    - fluatowanie roztworami fluorokrzemianów metali,
    - fluorowanie (okratyzacja) gazem fluorku krzemu ( $\text{SiF}_4$ ),
    - obróbka dwutlenkiem węgla ( $\text{CO}_2$ ),
    - neutralizację niektórymi kwasami (szczawiowym, fosforowym).
  - **powłoka** — warstwa z materiałów ciekłych upłynnionych lub sproszkowanych, наносzona na odpowiednio przygotowane podłoże za pomocą technik malarskich. Warstwa powłoki charakteryzuje się przyczepnością, dostateczną szczelnością i odpornością na działanie środowiska agresywnego. Powłoki mogą być zbrojone lub niezbrojone.
  - **wyprawa** — zestalona warstwa z materiałów o konsystencji plastycznej, nakładanych na podłoże techniką murarską. Wyprawa tworzy dostatecznie grubą (1 — 10 mm) jednolitą i ściśle przylegającą do podłoża warstwę. Do wypraw zalicza się również torkret, czyli wyprawy miotane. Wyprawy wykonuje się z mas szpachlowych (bitumicznych lub których podstawą są żywice organiczne), kitów chemoodpornych lub zapraw chemoodpornych.
  - **wykładzina** — warstwa z płyt i arkuszy sztywnych przymocowanych pośrednio lub bezpośrednio do konstrukcji przy użyciu klejów, kitów lub zapraw chemoodpornych. Do wykonywania wykładzin stosuje się: płytki ceramiczne, płyty kamienne, płytki szklane, płytki z tworzyw sztucznych lub drewno.
  - **obmurze lub wymurówka** — samonośna ścianka przylegająca do konstrukcji wsporczej, lecz nie zawsze z nią związana (współpracująca). Obmurza nie są przystosowane do przenoszenia innych obciążeń poza ciężarem własnym. Do wykonywania obmurzy stosuje się ceramikę kwasoodporną i zaprawę chemoodporną.
  - **wykleina** — warstwa z materiałów rolowych lub wiotkich arkuszy przyklejonych do podłoża, stanowiąca izolację zewnętrzną lub międzywarstwową.

**Celem ćwiczenia** jest jakościowe i ilościowe określenie efektów korozji różnych rodzajów betonu poddawanych działaniu wodnych roztworów mocnych kwasów mineralnych.

Nasycone wodą i zważone próbki betonu umieszczane będą w roztworach kwasu solnego. Z kwasami reagować będą głównie alkaliczne składniki kamienia cementowego (wodorotlenek wapnia, gliniany, krzemiany) oraz węglan wapnia. Działaniu kwasu mogą też ulegać niektóre kruszywa (np. dolomit, wapienie, okruchy stalowe). Działaniu kwasu mogą też ulegać niektóre kruszywa (np. dolomit, wapienie, okruchy stalowe). Alkaliczne składniki betonu można zidentyfikować sprawdzając odczyn powierzchni przelamu próbek betonu przez naniesienie roztworu fenoloftaleiny – na powierzchniach alkalicznych wystąpi czerwone zabarwienie (fenoloftaleina barwi się na czerwono przy odczynach wyższych od ok. 8,5 pH). Po umieszczeniu próbek betonu w określonej objętości roztworu kwasu solnego o znanym stężeniu rozpocznie się reakcja kwasu ze składnikami betonu (jeśli działanie kwasu powodować będzie wydzielanie się siarkowodoru próbki należy umieścić pod wyciągiem). W czasie tego procesu pobierane będą próbki kwasu, w których oznaczone zostanie stężenie kwasu – w reakcji kwasu ze składnikami betonu zużywane będą pewne ilości kwasu, co

będzie powodować spadek stężenia kwasu w czasie badania. Stężenie kwasu, w pobieranych próbkach, oznaczone zostanie metodą miareczkową z wykorzystaniem roztworu wodorotlenku sodu. Po zakończeniu badania próbki należy wyjąć z roztworu kwasu, osuszyć bibułą i zważyć. W czasie ćwiczenia należy zebrać dane i obserwacje dotyczące:

- składu badanych betonów
- wyglądu próbek betonu przed ich umieszczeniem w roztworach kwasu
- odczynu powierzchni przełamu próbek betonu
- masy próbek betonu umieszczanych w roztworach kwasu
- objętości i stężenia użytych roztworów kwasu (orientacyjne stężenia początkowe wynoszą ok. 2% i ok. 4% - dokładne stężenia należy ustalić przez wykonanie analizy – miareczkowanie r-rem NaOH)
- objętości roztworu wodorotlenku sodu zużytych przy miareczkowaniu pobieranych, w trakcie testów w różnych czasach, próbek kwasu
- masy próbek betonu poddanych działaniu kwasu

W oparciu o uzyskane wyniki należy:

- określić opisowo rodzaj cementu użytego do wyrobu betonów poddawanych testom korozji
- określić, opisowo, odczyn powierzchni przełamu próbek betonów
- na podstawie mas próbek betonów przed i po testach korozji obliczyć ubytki masy próbek betonów poddawanych działaniu kwasu
- opisać różnice w wyglądzie próbek przed i po testach korozji
- obliczyć stężenia kwasu: początkowe i w próbkach pobieranych w czasie testów korozji
- obliczyć ilości kwasu zużywanego w reakcji ze składnikami betonów
- przedstawić obliczone ilości zużywanego kwasu w formie wykresu w zależności od czasu trwania testu korozji dla każdego z przeprowadzonych testów
- przeliczyć ilości zużywanego kwasu na ilości reagujących z kwasem: wodorotlenku wapnia, glinianów i krzemianów oraz porównać te ilości z ubytkiem masy próbek betonów
- przedstawić wnioski wynikające z przeprowadzonych badań dotyczące uzyskanych ilościowych i jakościowych wyników:
  - składu i właściwości głównych składników betonów pod kątem ich potencjalnej podatności na korozję kwasową
  - odczynu powierzchni przełamu próbek betonów
  - zmian wyglądu próbek w wyniku korozji
  - zmian szybkości korozji w czasie (na podstawie wykresów)
  - porównania ubytków mas próbek betonów z obliczonymi ilościami reagujących z kwasem: wodorotlenku wapnia, glinianów i krzemianów

Wykonanie ćwiczenia polega na:

- umieszczeniu kilku kropel fenoloftaleiny na powierzchni przełamu, nasyconych wodą, próbek betonu
- osuszeniu bibułą i zważeniu, nasyconych wodą, próbek betonu
- umieszczeniu, nasyconych wodą, próbek betonu w zlewkach z roztworami kwasu solnego
- oznaczeniu stężeń początkowych użytych roztworów kwasu, poprzez miareczkowanie ich próbek roztworem wodorotlenku sodu

- pobieraniu, co 20 minut, próbek kwasu ze zlewek z próbkami betonu i oznaczeniu w nich stężenia kwasu przez miareczkowanie roztworem wodorotlenku sodu
- po określonym czasie, wyjęciu próbek betonu z roztworów kwasu, osuszeniu ich bibułą i zważeniu
- porównaniu wyglądu próbek betonu przed i po poddaniu ich działaniu kwasu

### Określenie składu betonu

W oparciu o podany skład zarobu badanych próbek betonu należy, na podstawie podanego oznaczenia cementu, ustalić parametry zastosowanego cementu oraz potencjalną podatność na korozję kruszywa (w składzie betonu dominuje kruszywo stanowiąc około 70-80% całkowitej objętości betonu).

Składnikami betonu są:

- cement
- woda
- kruszywo
- domieszki chemiczne
- dodatki mineralne

### Cement

Oznaczenia cementów składają się z szeregu liter i cyfr, poprzedzonych skrótem CEM (skrót CEM wg PN-EN197-1). Na podstawie oznaczenia można ustalić rodzaj, skład oraz klasę wytrzymałości cementu:

- CEM I – cement portlandzki
- CEM II - cement portlandzki wieloskładnikowy
- CEM III – cement hutniczy
- CEM IV – cement pucolanowy
- CEM V – cement wieloskładnikowy

Ze względu na ilość dodatków cementy dzielą się na odmiany A, B i C.

(informacje i tabele zaczerpnięte z „Cementy w ofercie handlowej GÓRAŹDŹE CEMENT S.A., Rodzaje, Właściwości zastosowanie” GÓRAŹDŹE CEMENT, Chorula, czerwiec 2004)

Nazwa cementu	Oznaczenie cementów wg PN-EN 197-1	Maksymalna ilość dodatków [% wag.]
Cement portlandzki	CEM I	–
Cement portlandzki wieloskładnikowy	CEM II/A	20
	CEM II/B	35
Cement hutniczy	CEM III/A	65
	CEM III/B	80
	CEM III/C	95
Cement pucolanowy	CEM IV/A	35
	CEM IV/B	55
Cement wieloskładnikowy	CEM V/A	60
	CEM V/B	80

Rodzaje dodatków mineralnych do cementu

Nazwa dodatku	Oznaczenie dodatku
Granulowany żużel wielkopiecowy	S
Popiół lotny krzemionkowy	V
Popiół lotny wapienny	W
Pucolana naturalna	P
Pucolana przemysłowa	Q
Łupek palony	T
Wapień	L, LL
Pył krzemionkowy	D

Rozróżnia się trzy klasy wytrzymałości (wyrażonej w  $\text{N/mm}^2$  – co odpowiada MPa) cementu:

- klasa 32,5
- klasa 42,5
- klasa 52,5

dodatkowe oznaczenie N oznacza cement o normalnej wytrzymałości wczesnej i R cement o wysokiej wytrzymałości wczesnej.

Przykładowe oznaczenie: CEM II/A-M (S-V-L) 32,5 R określa cement portlandzki wieloskładnikowy zawierający żużel wielkopiecowy (S), popiół lotny krzemionkowy (V) i wapień (L) w łącznej ilości pomiędzy 6 a 20% masy – o klasie wytrzymałości 32,5 i o wysokiej wytrzymałości wczesnej.

### Kruszywo.

W składzie betonu podawana jest nazwa użytego kruszywa i jego uziarnienie (rozmiar ziaren w mm). W przypadku badanych betonów najczęściej będą to piaski, żwiry lub kruszywo syntetyczne pollytag.

Kruszywo lekkie pollytag jest wytwarzane z popiołów lotnych elektrociepłowni. W zależności od jakości popiołu, proces technologiczny wymaga dodania małych ilości miazgi węglowej i bentonitu. Popiół oraz bentonit i ewentualnie pył węglowy są podawane do mieszarek, gdzie zostają wymieszane z wodą i następnie przekazane do granulatorów. Zgranulowana mieszanina jest przekazywana na ruchomy ruszt spiekalniczy. Piec zapłonowy umieszczony na początku rusztu powoduje zapalenie się warstwy granulatu, a jako paliwo stosowany jest gaz ziemny. Temperatura spiekania jest regulowana w granicach 1000-1300°C. W końcowej części rusztu następuje schłodzenie granulatu powietrzem. Granulat, po rozkruszeniu na łamaczu spieków, jest przekazywany na sita sortowniców, a stąd do zbiorników kruszywa z podziałem na frakcje.

Główne właściwości kruszywa pollytag:

- gęstość nasypowa w stanie luźnym powietrzno-suchym 650-850  $\text{kg/m}^3$  (w zależności od frakcji), a gęstość pozorną ziaren kruszywa do 1,45  $\text{kg/m}^3$ ,
- wytrzymałość ziaren na miążdzenie około 10 Mpa,
- porowatość ziaren około 40%,
- przybliżony skład chemiczny:  $\text{SiO}_2$  - 58%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 22%, CaO - 2,2%, MgO - 1,4%, straty prażenia - do 4%, nieoznaczone - 3,8%.

Rodzaje cementu i skład wg normy PN-EN 197-1

Główne rodzaje	Nazwa		Skład (udział w procentach masy) <sup>a)</sup>											
			Składniki główne										Składniki drugorzędne	
			klinkier	żużel wielkopieczowy	pył krzemionkowy	pucolana		popiół lotny		tupek palony	wapień			
						naturalna	naturalna wypalana	V krzemionkowy	wapienny		L	LL		
K	S	D <sup>b)</sup>	P	Q	V	W	T	L	LL					
CEM I	cement portlandzki	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II	cement portlandzki żużlowy	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	cement portlandzki krzemionkowy	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	cement portlandzki pucolanowy	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5
	cement portlandzki popiołowy	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
	cement portlandzki łupkowy	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5
	cement portlandzki wapienny	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5
		CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5
	cement portlandzki wieloskładnikowy <sup>c)</sup>	CEM II/A-M	80-94	6-20										0-5
CEM II/B-M		65-79	21-35										0-5	
CEM III	cement hutniczy	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM IV	cement pucolanowy <sup>c)</sup>	CEM IV/A	65-89		11-35					-	-	-	0-5	
		CEM IV/B	45-64	-	36-55					-	-	-	0-5	
CEM V	cement wieloskładnikowy <sup>c)</sup>	CEM V/A	40-64	18-30	-	18-30			-	-	-	-	0-5	
		CEM V/B	20-38	31-50	-	31-50			-	-	-	-	0-5	

a) Wartości w tablicy odnoszą się do sumy składników głównych i składników drugorzędnych

b) Udział pyłu krzemionkowego jest ograniczony do 10%

c) W cementach portlandzkich wieloskładnikowych CEM II/A-M i CEM II/B-M, w cementach pucolanowych CEM IV/A i CEM IV/B i w cementach wieloskładnikowych CEM V/A i CEM V/B - główne składniki inne niż klinkier należy deklorować poprzez oznaczenie cementu

### Domieszki chemiczne

Domieszki chemiczne służą do modyfikowania właściwości mieszanki betonowej i stwardniałego betonu. Można wyróżnić następujące rodzaje domieszek chemicznych (wg Sika Poland Sp. z o.o.):

- uplastyczniające (BV) i upłynniające (FM)
- do produkcji trwałych zapraw murarskich (MP)
- napowietrzające (LP)
- uszczelniające (DM)
- opóźniające (VZ)
- przyspieszające (BE)
- zimowe (FS)
- spęczniające (EH)
- stabilizujące (ST)
- do betonowania pod wodą (UW)
- spieniające (SB)
- do zaczynów iniekcyjnych (IH)
- emulsje polimerowe
- zbrojenie rozproszone – włókna stalowe
- środki antyadhezyjne (TR)

#### Dodatki mineralne:

- popiół lotny
- pył krzemionkowy

#### Wykonanie ćwiczenia:

Zespół wykonujący ćwiczenie otrzymuje roztwory kwasu solnego o stężeniu ok. 2% i ok. 4% oraz próbki dwóch rodzajów betonów (z podaniem ich składu). Próbki betonów (po 4 próbki każdego rodzaju) umieszczone są w zlewkach z wodą. Dwie z nich zostaną użyte w testach korozji, jedna do określenia odczynu powierzchni przełamu i jedna pozostanie do porównania wyglądu próbek przed i po działania kwasu.

Po dwie próbki każdego betonu należy wyjąć z wody, osuszyć bibułą, zważyć na wadze analitycznej. Ważone będą wilgotne próbki przez co ich masa trakcie ważenia, w suszonej komorze wagi, może się zmieniać, a odczyt nie ustabilizuje się. W takim przypadku zanotować masę próbek po 10 sekundach od umieszczenia ich na szalce wagi. Następnie próbki umieścić w zlewkach, do których uprzednio nalano po 150 ml roztworów kwasu solnego (2 zlewki z ok. 2% HCl i 2 zlewki z ok. 4% HCl). Każdy rodzaj betonu zostaje umieszczony w ok. 2% i ok. 4% roztworze HCl. Od tego momentu rozpoczynane jest mierzenie czasu. W trakcie, trwającego 80 minut, testu co 20 minut należy pobierać próbki (po 4 ml) roztworu HCl z każdej ze zlewek. Na pół minuty przed poborem próbek zawartość zlewek delikatnie wymierzać bagietką. Próbki pobierać z połowy wysokości roztworu.

Po jednej próbce badanych betonów, po wyjęciu z wody, należy zwilżyć kilkoma kroplami fenoloftaleiny, obserwując zabarwienie powierzchni (obserwacje dotyczące zabarwienia powierzchni przełamu i ziaren kruszywa przedstawić w opisowy sposób).

Po zakończeniu testów korozji badane próbki wyjąć z roztworów kwasu, delikatnie przepłukać wodą, osuszyć bibułą i zważyć na wadze analitycznej (wg opisu podanego wyżej). Ocenić opisowo efekty korozji poprzez porównanie wyglądu próbek poddanych działaniu roztworów kwasu o różnym stężeniu z próbkami przechowywanymi w wodzie.

W pobieranych próbkach kwasu solnego oznaczyć stężenie kwasu solnego. Równolegle należy oznaczyć także stężenie kwasu solnego w jego roztworach użytych do testów (ok. 2% i 4%).



**Oznaczenie stężenia kwasu:**

Oznaczenia wykonać dwukrotnie dla każdej z próbek. Do analizy należy odmierzyć do kolby Erlenmayera dokładnie 1 ml badanego roztworu kwasu, dolać 25 ml wody, 6 kropli fenoloftaleiny i miareczkować, roztworem NaOH o stężeniu 0,1 m, do wystąpienia malinowego zabarwienia.

**Obliczenia.**

W oparciu o uzyskane wyniki należy obliczyć:

1. ubytek masy próbek betonu poddawanych testom korozji
2. stężenia początkowe kwasu solnego (określone wstępnie jako ok. 2% i ok. 4%)
3. stężenia kwasu w próbkach pobieranych z czterech zlewek po czasie 20, 40, 60 i 80 minut
4. ilość kwasu solnego zużytego w reakcji ze składnikami betonu (dla każdej ze zlewek, w której prowadzono testy, po czasie 20, 40, 60 i 80 minut)
5. ilości wodorotlenku wapnia ( $\text{Ca(OH)}_2$  - umownie oznaczanego w chemii cementu jako CH), krzemianu trójwapniowego ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  - umownie oznaczanego w chemii cementu jako  $\text{C}_3\text{S}$ ) oraz glinianu trójwapniowego ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$  - umownie oznaczanego w chemii cementu jako  $\text{C}_3\text{A}$ ) jakie odpowiadają zanotowanym, w trakcie testów, ubytkom ilości kwasu solnego)

Ad. 1.

Obliczyć jako ubytek masy wyrażony w jednostkach masy oraz jako procentowy ubytek masy w stosunku do masy początkowej.

Ad. 2, 3

Stężenia obliczyć jako wyrażone  $\text{g/dm}^3$  (i w % dla roztworów kwasu użytych do testów) w oparciu o objętość użytej próbki kwasu oraz stężenie i objętość zużytego podczas miareczkowania roztworu wodorotlenku sodu.

Podstawą do wykonania obliczeń jest informacja ilościowa (1 mol zasady sodowej reaguje z 1 molem kwasu solnego) wynikającą z zachodzącej podczas miareczkowania reakcji:  
 $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ .

Użyta zasada ma stężenie 0,1 m ( $0,1 \text{ mol/dm}^3$ ) co oznacza, że w 1 ml jej roztworu znajduje się 0,1 mmola wodorotlenku sodu. Uwzględniając objętość roztworu zasady użytą podczas miareczkowania można przeliczyć ją na ilość zasady wyrażoną mmolach, a jak wynika z wyżej zapisanej reakcji jest to jednocześnie, wyrażona w milomolach, ilość kwasu solnego. Uwzględniając masę molową kwasu solnego należy ilość tę przeliczyć na jednostki masy (g lub mg). Na podstawie tych przeliczeń uzyskujemy informację o ilości kwasu solnego znajdującą się w miareczkowanej objętości roztworu kwasu (w przypadku tego ćwiczenia, jest to objętość 1 ml). Po przeliczeniu jej na ilość kwasu w gramach jaka znajduje się w roztworze o objętości 100 ml (przyjmując, że gęstość roztworu kwasu wynosi 1 g/ml) uzyskujemy wartość liczbowo równą stężeniu procentowemu roztworu kwasu, a po przeliczeniu jej na ilość kwasu w gramach jaka znajduje się w roztworze o objętości 1  $\text{dm}^3$  uzyskujemy wartość liczbowo równą stężeniu wyrażonemu w  $\text{g/dm}^3$ .

Przed zajęciami należy oszacować (przez wykonanie odpowiednich przeliczeń) jakie ilości roztworu wodorotlenku sodu, o stężeniu  $0,1 \text{ mol/dm}^3$ , zostaną zużyte podczas miareczkowania próbek kwasu solnego o objętości 1 ml i stężeniu ok. 2% i ok. 4%.

Ad 4.

Wykonane obliczenia początkowych stężeń roztworów kwasu i stężeń kwasu w trakcie testów korozji oraz znajomość objętości roztworu kwasu w zlewkach (suma objętości pobranych

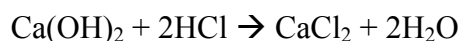
próbek kwasu ze zlewek jest niewielka w stosunku do objętości kwasu – w obliczeniach można przyjąć, że objętość kwasu w zlewkach nie zmienia się w czasie i jest równa początkowej objętości kwasu) pozwalają na obliczenie ilości kwasu (wyrażoną w g lub mg) znajdujących się w poszczególnych zlewkach. Ilość ta zmienia się w czasie – początkowo wprowadzona ilość kwasu ulega zmniejszeniu o ilość kwasu, która przereagowała ze składnikami betonu. Ilości kwasu solnego zużytego w reakcji ze składnikami betonu (dla każdej z czterech zlewek) można obliczyć przez odjęcie od początkowej ilości kwasu ilości kwasu pozostałej w zlewkach po 20, 40, 60 i 80 minutach testu. Znajomość stężenia kwasu ( $\text{g/dm}^3$ ) oraz objętości kwasu w zlewkach (w  $\text{dm}^3$ ) pozwala na proste obliczenie ilości kwasu w zlewkach.

Ad. 5.

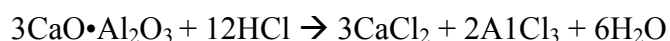
Do obliczeń należy wykorzystać, obliczone wcześniej, ilości kwasu solnego zużyte, dla każdej z czterech zlewek, do momentu zakończenia testu (po 80 minutach).

Ilości te należy przeliczyć na ilości wybranych składników betonu, które mogły przereagować z takimi ilościami kwasu w oparciu o reakcje:

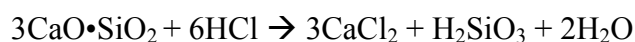
dla wodorotlenku wapnia



dla glinianu trójwapniowego



dla krzemianu trójwapniowego



**W sprawozdaniu należy zamieścić:**

- wartości pomierzone i obserwacje dokonane w czasie zajęć (tabelarycznie)
- wykresy zależności ilości zużytego kwasu od czasu trwania testu korozji
- szczegółowe przykłady przeliczeń (po jednym do każdego typu przeliczeń) z wyjaśnieniami zastosowanego sposobu przeliczeń
- wyniki (tabelarycznie)
- wnioski w podanym w instrukcji zakresie

Skład betonów (rodzaje i ilości składników mieszanek betonowych):

<b>Składniki</b>	<b>Beton nr 1</b>	<b>Beton nr 2</b>
Cement		
Kruszywo		
Domieszki chemiczne		
Dodatki mineralne		
Woda		

Opis wyglądu próbek betonu przed i po testach korozji

	<b>Beton nr 1</b>	<b>Beton nr 2</b>
Przed		
Po		

Opis dotyczący odczynu powierzchni przełamu próbek betonu (spoiwo i kruszywo)

Beton nr 1	Beton nr 2

Testy korozji

		Zlewka nr									
		1	2	3	4						
Orientacyjne stężenie r-ru HCl [%]											
Rodzaj betonu											
Masa próbki betonu [g]	Przed										
	Po										
Objętość r-ru kwasu w zlewkach [ml]											
Stężenie r-ru NaOH użytego do oznaczeń stężenia kwasu [mol/dm <sup>3</sup> ]											
Objętości miareczkowanych próbek kwasu V <sub>HCl</sub> [ml] pobieranych przed i w czasie testów korozji oraz objętości NaOH V <sub>NaOH</sub> [ml] zużyte podczas ich miareczkowania		1	2	1	2	1	2	1	2		
		0	V <sub>HCl</sub>								
			V <sub>NaOH</sub>								
		20 min	V <sub>HCl</sub>								
			V <sub>NaOH</sub>								
		40 min	V <sub>HCl</sub>								
			V <sub>NaOH</sub>								
		60 min	V <sub>HCl</sub>								
			V <sub>NaOH</sub>								
		80 min	V <sub>HCl</sub>								
			V <sub>NaOH</sub>								

Rodzaj i opis składu cementu, na podstawie jego symbolicznego oznaczenia, oraz określenie potencjalnej podatności na korozję kruszywa (na podstawie jego rodzaju i składu oraz obserwacji odczynu przełamanych próbek betonów).

	<b>Beton nr 1</b>	<b>Beton nr 2</b>
Cement (rodzaj i skład podany opisowo)		
Kruszywo (rodzaj, skład i potencjalna podatność na korozję)		

Wyniki obliczeń dotyczących testów korozji

			Zlewka nr			
			1	2	3	4
Obliczone stężenie użytych roztworów HCl [%]						
<p>Średnie objętości <math>V_{\text{srNaOH}}</math> [ml] zużytego podczas miareczkowania roztworu NaOH (użyte do obliczenia stężenia kwasu)</p> <p>Obliczone stężenia roztworu kwasu <math>C_{\text{HCl}}</math> [g/dm<sup>3</sup>] po określonym czasie prowadzenia testu</p> <p>Obliczone ilości kwasu solnego <math>m_{\text{HCl}}</math> [g] w zlewkach po określonym czasie prowadzenia testu</p> <p>Obliczone ilości kwasu <math>\Delta m_{\text{HCl}}</math> [g] zużyte po określonym czasie prowadzenia testu korozji</p>	0	$V_{\text{srNaOH}}$				
		$C_{\text{HCl}}$				
		$m_{\text{HCl}}$				
	20 min	$V_{\text{srNaOH}}$				
		$C_{\text{HCl}}$				
		$m_{\text{HCl}}$				
		$\Delta m_{\text{HCl}}$				
	40 min	$V_{\text{srNaOH}}$				
		$C_{\text{HCl}}$				
		$m_{\text{HCl}}$				
		$\Delta m_{\text{HCl}}$				
	60 min	$V_{\text{srNaOH}}$				
		$C_{\text{HCl}}$				
		$m_{\text{HCl}}$				
		$\Delta m_{\text{HCl}}$				
	80 min	$V_{\text{srNaOH}}$				
$C_{\text{HCl}}$						
$m_{\text{HCl}}$						
$\Delta m_{\text{HCl}}$						
Obliczone ilości [g] wybranych składników betonu, które mogły przereagować z obliczoną ilością kwasu zużytego w całym czasie trwania testu korozji	CH					
	C <sub>3</sub> S					
	C <sub>3</sub> A					
Ubytek masy próbek betonu	[g]					
	[%]					

**Tę kartkę po wypełnieniu należy zostawić u prowadzącego**

Data:

Grupa:

Przygotowujący sprawozdanie:

Pozostali członkowie zespołu:

Skład betonów (rodzaje i ilości składników mieszanek betonowych: cement, kruszywo, domieszki chemiczne, dodatki mineralne, woda...)

Składnik	Beton nr 1	Beton nr 2

Opis dotyczący odczynu powierzchni przełamu próbek betonu (spoiwo i kruszywo)

Beton nr 1	Beton nr 2

Testy korozji

		Zlewka nr										
		1		2		3		4				
Orientacyjne stężenie r-ru HCl [%]												
Rodzaj betonu												
Masa próbki betonu [g]	Przed											
	Po											
Objętość r-ru kwasu w zlewkach [ml]												
Stężenie r-ru NaOH użytego do oznaczeń stężenia kwasu [mol/dm <sup>3</sup> ]												
Objętości miareczkowanych próbek kwasu V <sub>HCl</sub> [ml] pobieranych przed i w czasie testów korozji oraz objętości NaOH V <sub>NaOH</sub> [ml] zużyte podczas ich miareczkowania		0	V <sub>HCl</sub>	1	2	1	2	1	2	1	2	
			V <sub>NaOH</sub>									
		20 min	V <sub>HCl</sub>									
			V <sub>NaOH</sub>									
		40 min	V <sub>HCl</sub>									
			V <sub>NaOH</sub>									
		60 min	V <sub>HCl</sub>									
			V <sub>NaOH</sub>									
		80 min	V <sub>HCl</sub>									
			V <sub>NaOH</sub>									

Opis wyglądu próbek betonu przed i po testach korozji

	Beton nr 1	Beton nr 2
Przed		
Po		



## Ocena przydatności wody zarobowej do betonu.

### Celem ćwiczenia jest:

- zapoznanie się z wymaganiami dotyczącymi wody zarobowej do betonu
- zapoznanie się z technikami wybranych jakościowych, ilościowych i ilościowych analiz wykorzystywanych przy ocenie przydatności wody zarobowej do betonu
- wykonanie analiz wybranych parametrów wody pod kątem oceny jej przydatności jako wody zarobowej do betonu
- określenie przydatności, badanej wody, jako wody zarobowej do betonu

Z punktu widzenia przydatności wody pod kątem jej stosowania jako wody zarobowej do betonu, wg normy PN-EN 1008:2004: Woda zarobowa do betonu. Specyfikacja pobierania próbek, badanie i ocena przydatności wody zarobowej do betonu, w tym wody odzyskanej z procesów produkcji betonu, wyróżnia się następujące rodzaje wody:

### ***Woda pitna***

- wodę tę uznaje się za przydatną do stosowania w betonie. Woda pitna nie wymaga badania

### ***Woda odzyskana z procesów produkcji betonu***

- woda ta będzie zazwyczaj przydatna do stosowania w betonie. Wymaga badania.

### ***Woda ze źródeł podziemnych***

- woda ta może być przydatna do stosowania w betonie, jednak powinna być badana

### ***Naturalna woda powierzchniowa i woda ze ścieków przemysłowych***

- woda ta może być przydatna do stosowania w betonie, jednak powinna być badana

### ***woda morska lub woda zasolona***

- woda ta może być stosowana do betonów nie zbrojonych i nie zawierających innych elementów metalowych, natomiast jest zasadniczo nieodpowiednia do wytwarzania betonu zbrojonego i betonu sprężanego.

W przypadku betonu zawierającego stalowe zbrojenie lub elementy metalowe decydującym czynnikiem jest dopuszczalna całkowita zawartość chlorków w betonie.

### ***Woda z kanalizacji***

- woda ta nie nadaje się do stosowania w betonie

Jakość wody zarobowej stosowanej do wytwarzania betonu należy badać ze względu na fakt, że jakość użytej wody może wpływać na czas wiązania, rozwój wytrzymałości betonu i ochronę zbrojenia przed korozją.

### **Wymagania.**

Woda przeznaczona do stosowania w betonie powinna spełniać wymagania dotyczące zawartości olejów i tłuszczów, zawartości detergentów, barwy, zawartości zawiesin, zapachu, zawartości kwasów, zawartości substancji humusowych, zawartości chlorków, zawartości siarczanów, zawartości alkaliów. Woda nie spełniająca jednego lub większej liczby wymagań może być stosowana jedynie w przypadku, gdy można wykazać jej przydatność do stosowania w betonie na podstawie określenia czasu wiązania i wytrzymałości na ściskanie. Woda powinna także spełniać wymagania chemiczne, w zakresie zawartości zanieczyszczeń szkodliwych, albo wymagania dotyczące czasu wiązania i wytrzymałości na ściskanie.

## Wymagania dotyczące wstępnej oceny wody zarobowej

		Wymaganie
1	Oleje i tłuszcze	Nie więcej niż widoczne ślady.
2	Detergenty	Ewentualna piana powinna zanikać w ciągu 2 minut.
3	Barwa	Woda nie będąca wodą odzyskaną z procesów produkcji betonu: barwa powinna być oceniona jakościowo jako bladożółta lub jaśniejsza.
4	Zawiesiny	Woda z procesów produkcji betonu: zależnie od masy materiału stałego zawartego w odzyskanej wodzie.
		Woda z innych źródeł: Nie więcej niż 4 ml osadu.
5	Zapach	Woda z procesów produkcji betonu: bez zapachu, z wyjątkiem zapachu dopuszczalnego w przypadku wody pitnej i lekkiego zapachu cementu oraz w przypadku zawartości w wodzie żużla wielkopiecowego, lekki zapach siarkowodoru.
		Woda z innych źródeł. Bez zapachu, z wyjątkiem zapachu dopuszczalnego w przypadku wody pitnej. Bez zapachu siarkowodoru po dodaniu kwasu chlorowodorowego.
6	Kwasy	pH $\geq$ 4
7	Substancje humusowe	Po dodaniu NaOH barwa powinna być jakościowo oceniona jako żółtawobrązowa lub jaśniejsza.

**Właściwości chemiczne.****Chlorki**

zawartość chlorków w wodzie, wyrażona jako  $\text{Cl}^-$ , nie powinna przekraczać podanych niżej poziomów, chyba że można wykazać, że zawartość chlorków w betonie nie przekroczy maksymalnej wartości dla wybranej klasy betonu (zgodnie z EN 206-1; 2000, p. 5.2.7).

Maksymalna zawartość chlorków w wodzie zarobowej

Przeznaczenie	Maksymalna zawartość chlorków mg/l
Beton sprężany lub zaczyn iniekcyjny do kanałów kablowych	500
Beton zawierający zbrojenie lub elementy metalowe	1000
Beton nie zawierający zbrojenia ani elementów metalowych	4500

**Siarczany**

Zawartość siarczanów w wodzie, wyrażona jako  $\text{SO}_4^{2-}$ , nie powinna przekraczać 2000 mg/l.

**Alkalia**

Jeżeli przewiduje się zastosowanie w betonie kruszyw reaktywnych wobec alkaliów, należy sprawdzić zawartość alkaliów w wodzie. Równoważna zawartość tlenu sodu w wodzie normalnie nie powinna przekraczać 1500 mg/l. W przypadku przekroczenia tej zawartości, woda może być stosowana jedynie wtedy, gdy można będzie wykazać, że zostały podjęte działania zapobiegające szkodliwej reakcji krzemionki z alkaliom.

## Zanieczyszczenia szkodliwe

W pierwszej kolejności przeprowadza się badania jakościowe dotyczące występowania cukrów, fosforanów, azotanów, ołowiu i cynku. Jeśli badania jakościowe dadzą wynik pozytywny, należy wykonać oznaczenia ilościowe substancji, których to dotyczy, albo przeprowadzić badania czasu wiązania i wytrzymałości na ściskanie.

Jeśli zostanie wykonana analiza chemiczna, woda powinna spełniać wymagania podane niżej:

Wymagania dotyczące szkodliwych zanieczyszczeń

Substancja	Maksymalna zawartość (mg/l)
Cukry	100
Fosforany; wyrażone jako P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	100
Azotany; wyrażone jako NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	500
Ołów; wyrażony jako Pb <sup>+2</sup>	100*
Cynk; wyrażony jako Zn <sup>+2</sup>	100*

\* Na zajęciach laboratoryjnych planowane jest określanie przydatności głównie wody powierzchniowej lub podziemnej. Prawdopodobieństwo wystąpienia, w tych wodach, stężeń ołowiu i cynku przekraczających wartość 100 mg/l jest znikome (z przepisów dotyczących jakości wód powierzchniowych i podziemnych wynika, że dopuszczalne stężenia ołowiu i cynku w różnych rodzajach tych wód nie przekraczają wartości rzędu kilku mg/l dla cynku i ułamków mg/l dla ołowiu) – zawartości cynku i ołowiu nie będą, w związku z tym oznaczane. Do wnioskowania o przydatności badanej wody do stosowania jako wody zarobowej do betonu można, w takiej sytuacji przyjąć, że dopuszczalne zawartości cynku i ołowiu nie są przekroczone.

## Czas wiązania i wytrzymałość

Czas początku wiązania, wyznaczony na próbkach wykonanych z użyciem badanej wody podczas badania, nie powinien być krótszy niż 1 godzina i nie powinien różnić się o więcej niż 25 % od czasu początku wiązania próbek wykonanych z użyciem wody destylowanej lub dejonizowanej.

Czas końca wiązania nie powinien być dłuższy niż 12 godzin i nie powinien różnić się o więcej niż 25 % od czasu końca wiązania próbek wykonanych z użyciem wody destylowanej lub dejonizowanej.

Średnia wytrzymałość na ściskanie po 7 dniach próbek betonu lub zaprawy, przygotowanych z użyciem badanej wody, powinna wynosić co najmniej 90 % średniej wytrzymałości na ściskanie odpowiednich próbek przygotowanych z użyciem wody destylowanej lub dejonizowanej.

## Metody badania

**(opis wg PN-EN 1008:2004 – praktyczny sposób wykonania opisany jest w części praktycznej „Oznaczenia”)**

### Ocena wstępna

Niewielką część próbki po pobraniu należy, tak szybko jak to możliwe, poddać ocenie ze względu na oleje i tłuszcze, detergenty, barwę, zawiesiny, zapach i substancje humusowe.

Substancje mogące występować w postaci osadu przeprowadzić w postaci zawiesiny przez wstrząsanie próbką. Próbkę o objętości 80 ml umieścić w cylindrze pomiarowym o pojemności 100 ml i po zamknięciu odpowiednim korkiem wstrząsać energicznie przez 30 sekund. Sprawdzić obecność zapachu innego niż zapach czystej wody. W przypadku wątpliwości co do zapachu, zbadać wodę ze względu na poziom zapachu zgodnie z przepisami dotyczącymi wody pitnej. Poziom zapachu powinien być niższy niż maksymalny poziom dopuszczalny dla wody pitnej. Obserwować czy na powierzchni nie tworzy się piana.

Następnie cylinder odstawić na 30 minut w miejscu nie narażonym na drgania. Po 2 minutach sprawdzić, czy utrzymuje się piana oraz czy występują oznaki obecności olejów i tłuszczów. Po 30 minutach zanotować objętość stałego osadu i barwę wody. Następnie zmierzyć odczyn (pH) za pomocą papierka wskaźnikowego lub pH-metru. Po dodaniu 0,5 ml kwasu chlorowodorowego zamieszać i sprawdzić zapach lub zbadać obecność siarkowodoru.

### **Substancje humusowe**

Próbkę o objętości 5 ml umieścić w próbówce. Temperaturę próbki doprowadzić do poziomu pomiędzy 15 a 25 °C przez przechowywanie jej w pomieszczeniu. Następnie dodać 5 ml 3% roztworu wodorotlenku sodu, wstrząsnąć probówką i odstawić na 1 godzinę. Zaobserwować barwę próbki.

### **Badania zawartości zanieczyszczeń szkodliwych.**

Należy wykonać badania jakościowe i w przypadku wyniku pozytywnego wykonać oznaczenia ilościowe substancji, których to dotyczy.

### **Stosowane metody oznaczeń:**

**Analizy jakościowe** – analizy wykonywane w celu określenia czy w badanej próbce może występować analizowana substancja. Wykonywane są w oparciu o charakterystyczne reakcje oznaczanej substancji (np. zabarwienie, wytrącenie osadu, pojawienie się zapachu po dodaniu odpowiednich odczynników lub obserwacja cech charakterystycznych substancji pozwalających stwierdzić ich obecność w badanej próbce (np. zapach, opadający osad, flotujący osad, plamy na powierzchni itp.)

**Analizy organoleptyczne** – analizy, w których uzyskiwane są opisowe wyniki, rejestrowane w oparciu o wrażenia odbierane za pomocą zmysłów człowieka: wzroku, węchu, słuchu, smaku, dotyku

**Analizy półilościowe** – analizy pozwalające stwierdzić czy w danej próbce występuje oznaczana substancja. Wykonywane metodą pozwalającą jednocześnie na orientacyjne ustalenie zakresu stężeń (podobnie jak w przypadku analiz jakościowych z jednoczesną obserwacją intensywności np. barwy, zmętnienia, zapachu itp.)

**Analizy ilościowe** – analizy wykonywane w celu określenia ilości analizowanej substancji w oznaczanej próbce. Wykonywane są różnorodnymi technikami specyficznymi dla oznaczanej substancji. W czasie ćwiczeń wykorzystywane będą techniki analizy objętościowej (miareczkowanie – oznaczenie zawartości chlorków) i fotometrycznej (oznaczenie zawartości fosforanów i/lub azotanów). Technika analizy objętościowej (miareczkowej - na przykładzie oznaczania zawartości wapna czynnego w wapnie budowlanym) stanowiła temat pierwszych zajęć laboratoryjnych).

**Analizy fotometryczne** - analizy te opierają się na zależności występującej pomiędzy intensywnością barwy, a stężeniem roztworu barwnej substancji (im wyższe stężenie badanej barwnej substancji w roztworze tym wyższa intensywność zabarwienia roztworu). Zjawisko to powodowane jest pochłanianiem promieniowania elektromagnetycznego, w zakresie światła widzialnego, przez substancję znajdującą się w roztworze (im wyższe stężenie tym więcej światła jest pochłaniane - szczegóły dotyczące tej metody opisane są na pierwszych stronach instrukcji do ćwiczenia „Spektrofotometria w świetle widzialnym” – plik: fotometria-lab.pdf). W praktyce wykonanie analizy polega na wprowadzeniu do badanej próbki odczynników, które reagują selektywnie z oznaczaną substancją tworząc barwny związek, a następnie na wykonaniu pomiaru ilości światła pochłoniętego (absorbancji) przez ten roztwór. W czasie zajęć laboratoryjnych wykorzystywane będą uniwersalne standardowe fotometry typu MPM 3000 lub SQ 300 (informacje dotyczące tych urządzeń i ich obsługi

znajdują się w „Materiałach pomocniczych do ćwiczeń laboratoryjnych z chemii sanitarnej i oraz technologii wody i ścieków. Część I” – str 82 – Podstawowe czynności związane z obsługą fotometru MPM 3000/SQ 300 – plik: materiały pom cz I.pdf). Wykorzystywane, w czasie ćwiczeń, fotometry są zaprogramowane do wykonywania oznaczeń większości zanieczyszczeń i domieszek występujących w wodach i ściekach. Wykonanie analizy opiera się o wykorzystanie gotowych, opracowanych i sprzedawanych przez producenta, zestawów odczynników oraz fotometru zawierającego odpowiednie oprogramowanie. Analiza sprowadza się wówczas do zgodnego z instrukcją, dołączoną do zestawu odczynników, dodawania odczynników do badanej próbki, a następnie odczytu mierzonego stężenia bezpośrednio na wyświetlaczu fotometru (w pamięci fotometru zapisane są zależności pomiędzy intensywnością barwy (absorbancją), a stężeniem analizowanej substancji, po dokonaniu pomiaru absorbancji jest ona automatycznie przeliczana na stężenie).

### **Wykonanie ćwiczenia**

Zespół otrzymuje próbkę wody, wraz z informacją o pochodzeniu, w celu określenia przydatności wody pod kątem jej stosowania jako wody zarobowej do betonu.

Badania obejmują:

- ocenę wstępną (w zakresie określenia zawartości olejów i tłuszczów, zawartości detergentów, barwy, zawartości zawiesin, zapachu, zawartości kwasów, zawartości substancji humusowych)
- oznaczenie zawartości chlorków (ilościowo)
- oznaczenie zawartości siarczanów (półilościowo)
- oznaczenie cukrów (półilościowo)
- oznaczenie fosforanów i/lub azotanów (ilościowo)

### **Uwagi praktyczne**

**Przed ćwiczeniami należy przeliczyć jakiej ilości chlorków odpowiada 1 ml roztworu  $\text{AgNO}_3$  o stężeniu  $0,1 \text{ mol/dm}^3$  (miano roztworu  $\text{AgNO}_3$ ), oraz przeliczyć dopuszczalne stężenie fosforanów, wyrażone w  $\text{mg P}_2\text{O}_5/\text{dm}^3$ , na stężenie wyrażone w  $\text{mg P}/\text{dm}^3$  lub w  $\text{mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$  – według informacji podanych w dalszej części instrukcji.**

**Przed rozpoczęciem analiz należy właściwie rozplanować kolejność wykonywanych czynności, biorąc pod uwagę czas trwania zajęć oraz czas potrzebny na wykonanie poszczególnych analiz. Niektóre z wykonywanych analiz związane są z koniecznością czasochłonnego przygotowania próbki (np. oznaczeniu cukrów – 30 minut podgrzewania i następnie studzenie) lub długiego oczekiwania na wynik (zawiesiny – 30 minut, substancje humusowe – 1 godzina) – ten czas można wykorzystać na wykonanie pozostałych analiz.**

### **Oznaczenia:**

#### **(opisy dotyczą praktycznego wykonania oznaczeń)**

**Cukry** (metoda półilościowa wynik po ok. 50 minut)

Do kolby stożkowej o pojemności 100 ml odmierza się cylindrem 50 ml wody, dodaje 1 ml roztworu kwasu solnego o stężeniu  $1 \text{ mol/dm}^3$ , zatyka korkiem z gazy i ogrzewa przez 30 minut na gorącej łaźni wodnej (nie gotować). Ostudzić kolbę w strumieniu zimnej wody. Po ostudzeniu, wodą zawartą w kolbie przepłukuje się kilkakrotnie czystą, suchą probówką. Do badania stosuje się wodę pozostałą na ściankach probówki. Pod wyciągiem, do zwilżonej probówki, dolewa się 3 krople 5% roztworu naftolu oraz 1 ml **steżonego kwasu siarkowego**.

Po dokładnym zmieszaniu obserwuje się zabarwienie roztworu. Przybliżoną zawartość cukru określa się według poniższej tabeli.

Barwa roztworu	Przybliżona zawartość cukrów [mg/dm <sup>3</sup> ]
Fioletowo-brunatna powstająca natychmiast	>500
Brunatno-różowa powstająca po kilku sekundach	10
Jasnoróżowa po upływie 1-2 min.	5

**Substancje humusowe** (metoda jakościowa, wynik po ok. 1 h)

Próbkę o objętości 5 ml umieścić w próbówce. Następnie dodać 5 ml 3% roztworu wodorotlenku sodu, wstrząsnąć probówką i odstawić na 1 godzinę. Zaobserwować i zapisać barwę próbki.

**Barwa** (metoda półilościowa, wynik po ok. 30 minut)

Próbkę o objętości 100 ml umieścić w cylindrze Nesslera o pojemności 100 ml, wstrząsać energicznie przez 30 sekund. Następnie cylinder odstawić na 30 minut w miejscu nie narażonym na drgania. Po 30 minutach zanotować barwę wody.

**Zawiesiny** (metoda półilościowa, wynik po ok. 30 minut)

Próbkę wody wstrząsać energicznie. Następnie przelać do leja Imhoffa 80 ml badanej wody i odstawić lej na 30 minut w miejscu nie narażonym na drgania. Po 30 minutach zanotować objętość stałego osadu.

**Zapach** (metoda organoleptyczna, czas wykonania ok. 10 minut)

Próbkę o objętości 80 ml umieścić w kolbie stożkowej (200-300 ml) z korkiem, wstrząsać energicznie przez 30 sekund. Sprawdzić obecność zapachu innego niż zapach czystej wody. W przypadku wątpliwości co do zapachu, zbadać wodę ze względu na poziom zapachu zgodnie z przepisami dotyczącymi wody pitnej. Poziom zapachu powinien być niższy niż maksymalny poziom dopuszczalny dla wody pitnej.

Aktualne przepisy dotyczące jakości wody pitnej (Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U. 2007 nr 61 poz. 417) określają dopuszczalny poziom zapachu jako „Akceptowalny przez konsumentów i bez nieprawidłowych zmian”. Wcześniej obowiązujące przepisy określały dopuszczalny poziom zapachu jako „3-zapach naturalny (przy dezynfekcji chlorem lub jego związkami dopuszczalny zapach chloru)”.

Zapach może być oznaczany na zimno (z) lub po podgrzaniu badanej próbki na gorąco (g). Rodzaj zapachu określany jest przez trzy grupy zapachu:

- zapach roślinny R: np. ziemisty, trawiasty, ogórkowy, kwiatowy, aromatyczny, rybny itp.
- zapach gnilny G: np. stęchły, pleśni, chlewu, fekalny, siarkowodoru.
- zapach specyficzny S: np. fenolu, smoły, nafty, benzyny

Intensywność zapachu określana jest wg 6-stopniowej skali:

0. brak zapachu
1. zapach bardzo słaby
2. zapach słaby
3. zapach wyraźny
4. zapach silny
5. zapach bardzo silny

Wynik oznaczenia podaje się określając sposób wykonania oznaczenia („z” lub „g”), intensywność zapachu (0-5), grupę zapachu (R, G, S) dodatkowo w nawiasie można podać rodzaj zapachu - np. z 3R, z 2S (nafta).

Równoległe wykonać próbę na obecność siarkowodoru. Do ok. 80 ml wody umieszczonej w cylindrze dodać 0,5 ml 10% roztworu kwasu chlorowodorowego, zamieszać i sprawdzić zapach.

**Detergenty, Oleje i tłuszcze** (metoda organoleptyczna, czas wykonania ok. 10 minut)

Próbkę o objętości 80 ml umieścić w cylindrze pomiarowym o pojemności 100 ml i wstrząsać energicznie przez 30 sekund. Obserwować czy na powierzchni nie tworzy się piana. Następnie cylinder odstawić w miejsce nie narażone na drgania. Po 2 minutach sprawdzić, czy utrzymuje się piana i czy występują oznaki obecności olejów i tłuszczów.

**Kwasy** (metoda ilościowa, pomiar odczynu (pH), odczyt po uzyskaniu stabilnego wyniku ok. 15 minut)

Próbkę wody umieścić w niewielkiej zlewce, wstawić elektrodę pH-metru, po ustabilizowaniu się odczytu pH-metru zanotować wynik.

**Fosforany** (metoda ilościowa, fotometria, czas wykonania ok. 15 minut )

Oznaczenie wykonywane będzie z wykorzystaniem zestawu odczynników do analizy fosforanów oznaczonego symbolem „Model 14842”. Wykonanie analizy polega na:

- ustawieniu fotometru do wykonania analizy (wg instrukcji obsługi fotometru i wskazówek prowadzącego)
- orientacyjnym określeniu spodziewanego stężenia fosforanów i doborze odpowiadającej temu stężeniu kuwetki pomiarowej (przepisy dotyczące wody zarobowej określają zawartość fosforanów w przeliczeniu na  $P_2O_5$ ; fotometr umożliwi pomiar fosforanów w przeliczeniu na P lub  $PO_4^{-3}$ , aby możliwy był poprawny dobór kuwetki i porównanie uzyskanych wyników należy dokonać odpowiedniego przeliczenia. Przeliczenie opiera się na zależności: 1 mol  $P_2O_5$  odpowiada 2 molom  $PO_4^{-3}$  oraz 2 molom P (czyli pod kątem zawartości fosforu 142 g  $P_2O_5$  odpowiada 190 g  $PO_4^{-3}$  lub 62 g P)
- dodaniu do odpowiedniej objętości próbki badanej wody odpowiedniej ilości odczynnika oznaczonego, w zestawie, symbolem P-AH (objętości wg instrukcji i przewidywanego wyniku)
- napełnieniu tak przygotowaną próbką wybranej kuwety pomiarowej, wstawieniu kuwetki do fotometru i odczytaniu wyniku w wybranych jednostkach ( $mg\ P/dm^3$  lub  $mg\ PO_4^{-3}/dm^3$ )
- przeliczeniu uzyskanego wyniku na  $mg\ P_2O_5/dm^3$  i porównaniu go z dopuszczalną wartością określoną dla wody zarobowej.

**Azotany** (metoda ilościowa, fotometria, czas wykonania ok. 25 minut)

Oznaczenie wykonywane będzie z wykorzystaniem zestawu odczynników do analizy azotanów oznaczonego symbolem „Model 14773”. Wykonanie analizy polega na:

- ustawieniu fotometru do wykonania analizy (wg instrukcji obsługi fotometru i wskazówek prowadzącego)
- orientacyjnym określeniu spodziewanego stężenia azotanów i doborze odpowiadającej temu stężeniu kuwetki pomiarowej
- sekwencyjnym dodawaniu do odpowiedniej objętości próbki badanej wody odpowiednich ilości odczynników (objętość próbki i ilości odczynników zależą od

spodziewanego stężenia azotanów – informacje te podane są w instrukcji dołączonej do zestawu odczynników) w następującej kolejności:

- odczynnik NO<sub>3</sub>-1A - dodanie do pustej czystej, zakręconej fiołki
- odczynnik NO<sub>3</sub>-2A, mieszanie do całkowitego rozpuszczenia (do dwóch minut)
- próbka badanej wody – należy natychmiast wymieszać, fiołka mocno się rozgrzewa, należy trzymać za zakrętkę!
- przelanie zawartości fiołki do wybranej kuwetki
- po 10 minutach odczytanie wyniku oznaczenia

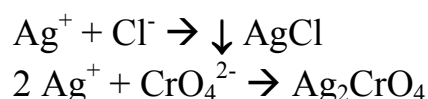
**Siarczany** (metoda półilościowa, czas wykonania ok. 15 minut)

Do próbki wlewa się 5 ml badanej wody (jeżeli woda jest mętna należy ją przed badaniem przesączyć). Następnie dodaje się 2,5 ml 10% roztworu HCl (wymieszać) oraz 2,5 ml 10% roztworu chlorku barowego BaCl<sub>2</sub>. Po jego dodaniu i natychmiastowym wymieszaniu uruchamia się stoper. Zawartość jonu siarczanowego określa się w zależności od szybkości powstawania zmętnienia, według poniższej tabeli:

Mętnienie po upływie sekund	Zawartość jonu siarczanowego $SO_4^{2-}$ [mg/dm <sup>3</sup> ]
0 obfity osad	> 600
0 zmętnienie	~ 600
5	100
7	80
10	70
15	60
20	50
30	40
45	30
1 min	25
2 min	15
5 min	10

**Chlorki** (metoda ilościowa, analiza miareczkowa-argentometryczna, czas wykonania ok. 10 minut)

Zasada oznaczenia polega na zmiareczkowaniu chlorków azotanem srebra (AgNO<sub>3</sub>), wobec chromianu potasu (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>) jako wskaźnika, w odczynie obojętnym lub lekko alkalicznym (pH 6,5 – 10). Chlorki wytrącają się w postaci nierozpuszczalnego AgCl. Po wytrąceniu wszystkich chlorków, jony srebra reagują z chromianem potasu i zabarwienie roztworu zmienia się z żółtego na żółtoczerwone, co świadczy o końcu reakcji:

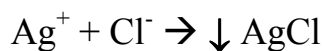


Jak wynika z reakcji 1 mol zużytego azotanu srebra odpowiada 1 molowi jonów chlorkowych.



**Wykonanie oznaczenia chlorków:**

Odmierzyć do kolby Erlenmayera 100 ml próbki (lub, przy większym stężeniu chlorków, ilość mniejszą, uzupełnioną wodą redestylowaną do objętości 100 ml). Gdy odczyn próbki wykracza poza zakres pH 6,5 – 10, skorygować odczyn stosując kwas siarkowy (r-r 1 mol/dm<sup>3</sup>) lub wodorotlenek sodu (r-r 1 mol/dm<sup>3</sup>). Następnie dodać 1 ml roztworu K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> (r-r 5%). Miareczkować próbkę roztworem AgNO<sub>3</sub> (r-r o stężeniu 0,1 mol/dm<sup>3</sup>) do zmiany zabarwienia z żółtego na żółtawoczerwone. Stężenie chlorków obliczyć w oparciu o ilość zużytego roztworu AgNO<sub>3</sub>, jego stężenie oraz objętość wody użytej do analizy w oparciu o zapis reakcji:



(najwygodniej jest zacząć od przeliczenia jakiej ilości chlorków odpowiada 1 ml r-ru AgNO<sub>3</sub> o stężeniu 0,1 mol/dm<sup>3</sup> – czyli określenia miana stosowanego roztworu AgNO<sub>3</sub>)

**Sprawozdanie z badań**

Zgodnie z wymaganiami normy sprawozdanie z badań powinno zawierać następujące informacje:

- opis rodzaju i pochodzenia wody
- miejsce pobierania próbki
- czas i datę pobrania próbki
- nazwę laboratorium i nazwisko osoby odpowiedzialnej za badanie
- datę badania
- wyniki badań i ich porównanie z wymaganiami według normy

W sprawozdaniu z ćwiczeń laboratoryjnych dodatkowo należy zamieścić:

- wnioski dotyczące przebiegu analiz,
- określenie przydatności wody zarobowej do betonu (w zakresie każdego z badanych parametrów)
- ewentualne wskazania co do rodzaju i zakresu dalszych badań pozwalających na określenie przydatności wody zarobowej do betonu
- wykonywane przeliczenia i ich wyniki

Data:  
 Skład zespołu:  
 Przygotowujący sprawozdanie:

Grupa:  
 Pozostali członkowie zespołu:

Dane i obserwacje/wartości mierzone:

Opis rodzaju i pochodzenia wody		
Miejsce pobierania próbki		
Czas i data pobrania próbki		
Parametr	Metodyka	Obserwacje/Wynik analizy
Cukry		
Substancje humusowe		
Zawiesiny		
Barwa		
Zapach		
Detergenty		
Oleje i tłuszcze		
Kwasy		
Fosforany		
Azotany		
Siarczany		
Chlorki		Objętość wody użyta do analizy: Objętość zużytego roztworu AgNO <sub>3</sub> :

Przeliczenie zawartości fosforanów:

$$100 \text{ mg P}_2\text{O}_5/\text{dm}^3 = \text{-----} \text{ mg P}/\text{dm}^3 = \text{-----} \text{ mg PO}_4^{-3}/\text{dm}^3$$

Przeliczenie miana 0,1 m r-ru AgNO<sub>3</sub>: 1 ml r-ru odpowiada ----- mg Cl<sup>-</sup>

Wyniki oznaczeń:

<b>Parametr</b>	<b>Jednostka</b>	<b>Wartość zmierzona</b>	<b>Wartość dopuszczalna</b>	<b>Określenie przydatności (Tak, Nie)</b>
Cukry				
Substancje humusowe				
Zawiesiny				
Barwa				
Zapach				
Detergenty				
Oleje i tłuszcze				
Kwasy				
Fosforany				
Azotany				
Siarczany				
Chlorki				

**Tę kartkę po wypełnieniu należy zostawić u prowadzącego**

Data:

Grupa:

Skład zespołu:

Przygotowujący sprawozdanie:

Pozostali członkowie zespołu:

Opis rodzaju i pochodzenia wody		
Miejsce pobierania próbki		
Czas i data pobrania próbki		
Parametr	Metodyka	Obserwacje/Wynik analizy
Cukry		
Substancje humusowe		
Zawiesiny		
Barwa		
Zapach		
Detergenty		
Oleje i tłuszcze		
Kwasy		
Fosforany		
Azotany		
Siarczany		
Chlorki		Objętość wody użyta do analizy: Objętość zużytego roztworu AgNO <sub>3</sub> :

Przeliczenie zawartości fosforanów:

$$100 \text{ mg P}_2\text{O}_5/\text{dm}^3 = \text{-----} \text{ mg P}/\text{dm}^3 = \text{-----} \text{ mg PO}_4^{-3}/\text{dm}^3$$

Przeliczenie miana 0,1 m r-ru AgNO<sub>3</sub>: 1 ml r-ru odpowiada ----- mg Cl<sup>-</sup>

### **Zał. 1. Zasady BHP w laboratorium chemicznym.**

*(Opracowała dr hab. inż. Marzena Gibczyńska)*

Praca w laboratorium chemicznym wymaga zachowania środków ostrożności, porządku i systematyczności. Dlatego należy skrupulatnie przestrzegać poniższych przepisów:

1. W pracowni mogą przebywać wyłącznie studenci należący do grupy odrabiającej ćwiczenia.
2. Ze względu na możliwość zatrucia nie wolno pić wody z naczyń laboratoryjnych oraz spożywać w pracowni posiłków.
3. Każdy student zobowiązany jest posiadać na zajęciach fartuch laboratoryjny.
4. W pracowni należy utrzymywać wzorową czystość i porządek. W trakcie ćwiczeń i przed wyjściem z laboratorium należy starannie myć ręce.
5. Z odczynników należy korzystać zgodnie z zasadami pracy laboratoryjnej.
6. Resztki stężonych roztworów kwasów i zasad należy wylewać do zlewu spłukując dużą ilością wody.
7. Zabrania się wynoszenia z pracowni odczynników i sprzętu laboratoryjnego.
8. Wszystkie prace z substancjami łatwo palnymi, toksycznymi i cuchnącymi należy przeprowadzać pod wyciągiem.
9. Nie wolno dopuścić aby substancje chemiczne w wyniku nieostrożnych operacji przedostały się na skórę rąk, twarzy a zwłaszcza oczu.
10. Podczas wykonywania reakcji z substancjami łatwo palnymi, toksycznymi i cuchnącymi należy używać okularów ochronnych i rękawic.
11. Nie wolno pod żadnym pozorem przeprowadzać prób smakowych.
12. Ze szczególną ostrożnością należy obchodzić się z roztworami nieopisanymi.
13. Do zlewu nie można wyrzucać osadów ani żadnych części stałych.
14. Odczynników nie wolno zabierać z ich miejsc przeznaczenia i gromadzić na stołach laboratoryjnych.
15. W pobliżu palących się palników gazowych nie wolno gromadzić materiałów łatwo palnych. Takie ciecze jak alkohole, eter, benzen itp. Powinny być po użyciu szczelnie zamknięte, a korzystanie z nich jest dozwolone jedynie w znacznej odległości od źródła ognia.
16. Ogrzewanie i odparowywanie cieczy łatwo palnych może być prowadzone tylko w łaźni wodnej ogrzewanej parą wodną, zamkniętej łaźni elektrycznej lub lampą grzejną.
17. Palnik gazowy należy zapalać zapalką lub zapalniczką, obserwując czy nie nastąpiło przeskokowanie płomienia do wnętrza. W takim przypadku zamyka się natychmiast dopływ gazu. Po upływie 2-3 minut można zapalić palnik ponownie pamiętając o zmniejszeniu dopływu powietrza.
18. Wszystkich pracujących obowiązuje oszczędność w używaniu odczynników, gazu, wody i prądu. O każdym skaleczeniu, oparzeniu zasłabnięciu należy natychmiast informować osoby prowadzące ćwiczenia.
19. W przypadku pożaru należy usunąć z najbliższego otoczenia materiały łatwo palne i umożliwić gaszenie pożaru przez prowadzącego ćwiczenia.
20. Za stan pracowni odpowiadają dyżurni, oni też opuszczają ją po wyjściu wszystkich studentów.

Laboratorium wyposażone jest w gaśnicę i koc azbestowe. Do gaszenia większych pożarów należy użyć gaśnic ustawionych w miejscach łatwo dostępnych. W przypadku zapalenia się odzieży tłumi się ogień za pomocą koca azbestowego.

## **PIERWSZA POMOC W NAGŁYCH WYPADKACH**

Prawidłowe przestrzeganie regulaminu bezpieczeństwa, a przede wszystkim ostrożność w obchodzeniu się z substancjami chemicznymi, pozwala na zmniejszenie do minimum możliwości wypadków. Przeważnie są to wypadki niezbyt groźne ale zdarzają się też i poważne, w których konieczna jest natychmiastowa interwencja oraz zastosowanie odpowiednich środków leczniczych. Konieczna jest znajomość zasad postępowania w tego typu wypadkach.

### **ZATRUCIA**

1. Po omyłkowym spożyciu trucizny, innej niż stężone kwasy lub zasady, należy spowodować natychmiast wymioty przez podrażnienie gardła a następnie zażyć odtrutkę uniwersalną (2g węgla medycznego w proszku, 1g magnezji palonej, 1g taniny – 1 łyżeczka mieszaniny na szklanekę ciepłej wody).
2. W przypadku zatrucia związkami rtęci należy stosować 0,5% roztwór NaOH wysycony H<sub>2</sub>S.
3. Podczas zatrucia kwasami „żrącymi” należy zażyć kilkakrotnie wodę wapienną, a później mleko, białko kurze i olej parafinowy.
4. Podczas zatrucia zasadami należy zażyć 5% roztwór kwasu octowego lub sok z cytryny, a później mleko i białko kurze.

***W każdym z wymienionych wypadków dalsze leczenie należy prowadzić pod kierunkiem lekarza.***

### **OPARZENIA**

1. Ciecz żrącą należy z oparzonego miejsca spłukać dużą ilością wody. Następnie rozlany kwas zobojętnić wodorowęglanem sodu lub wodorotlenkiem amonu, rozlaną zasadę – kwasem octowym.
2. W przypadku zaczerwienienia i pieczenia lub oparzenia ciepłego skóry należy zwilżyć ją alkoholem i posmarować gencjaną.
3. W przypadku dostania się cieczy do oka, należy przemyć oko bieżącą wodą, 0,5% roztworem NaHCO<sub>3</sub> lub 3% roztworem kwasu borowego odpowiednio przy oparzeniach kwasem lub zasadą i **konieczne udać się z wizytą do lekarza.**

### **SKALECZENIA**

1. Po skaleczeniu szkłem należy upewnić się, czy w ranie nie pozostały odłamki szkła i ewentualnie przepłukać ranę bieżącą wodą.
2. Następnie brzegi rany odkazić jodyną, a ranę zdezynfekować wodą utlenioną, zakryć gazą i zabandażować.

W przypadku większego krwawienia należy zatamować krew poprzez ucisk kończyny powyżej miejsca skaleczenia i **natychmiast udać się do lekarza.**

## **Zał. 2. Objaśnienia symboli zagrożeń oraz zwrotów wskazujących stopień zagrożenia i określających warunki bezpiecznego stosowania odczynników chemicznych**

### **Symbole zagrożenia**

Substancje i preparaty wybuchowe	E
Substancje i preparaty utleniające	O
Substancje i preparaty skrajnie łatwo palne	F+
Substancje i preparaty wysoce łatwo palne	F
Substancje i preparaty bardzo toksyczne	T+
Substancje i preparaty toksyczne	T
Substancje i preparaty szkodliwe	Xn
Substancje i preparaty żrące	C
Substancje i preparaty drażniące	Xi
Substancje i preparaty niebezpieczne dla środowiska	N

### **Nr zwrotu    Zwrot określający warunki bezpiecznego stosowania (zwrot S)**

S1	Przechowywać pod zamknięciem.
S2	Chronić przed dziećmi.
S3	Przechowywać w chłodnym miejscu.
S4	Nie przechowywać w pomieszczeniach mieszkalnych.
S5	Przechowywać w ... (cieczy wskazanej przez producenta).
S6	Przechowywać w atmosferze ... (obojętnego gazu wskazanego przez producenta).
S7	Przechowywać pojemnik szczelnie zamknięty.
S8	Przechowywać pojemnik w suchym pomieszczeniu.
S9	Przechowywać pojemnik w miejscu dobrze wentylowanym.
S12	Nie przechowywać pojemnika szczelnie zamkniętego.
S13	Nie przechowywać razem z żywnością, napojami i paszami dla zwierząt.
S14	Nie przechowywać razem z ... (materiałami określonymi przez producenta).
S15	Przechowywać z dala od źródeł ciepła.
S16	Nie przechowywać w pobliżu źródeł zapłonu - nie palić tytoniu.
S17	Nie przechowywać razem z materiałami zapalnymi.
S18	Zachować ostrożność w trakcie otwierania i manipulacji z pojemnikiem.
S20	Nie jeść i nie pić podczas stosowania produktu.
S21	Nie palić tytoniu podczas stosowania produktu.
S22	Nie wdychać pyłu.
S23	Nie wdychać gazu/dymu/pary/rozpylonej cieczy (rodzaj określi producent).
S24	Unikać zanieczyszczenia skóry.
S25	Unikać zanieczyszczenia oczu.
S26	Zanieczyszczone oczy przemyć natychmiast dużą ilością wody i zasięgnąć porady lekarza.
S27	Natychmiast zdjąć całą zanieczyszczoną odzież.
S28	Zanieczyszczoną skórę natychmiast przemyć dużą ilością ... (cieczy określonej przez producenta).
S29	Nie wprowadzać do kanalizacji.
S30	Nigdy nie dodawać wody do tego produktu.
S33	Zastosować środki ostrożności zapobiegające wyładowaniom elektrostatycznym.
S35	Usuwać produkt i jego opakowanie w sposób bezpieczny.
S36	Nosić odpowiednią odzież ochronną.
S37	Nosić odpowiednie rękawice ochronne.
S38	W przypadku niedostatecznej wentylacji stosować odpowiednie indywidualne środki ochrony dróg oddechowych.
S39	Nosić okulary lub ochronę twarzy.

- S40 Czyścić podłogę i wszystkie inne obiekty zanieczyszczone tym produktem ... (środkiem wskazanym przez producenta).
- S41 Nie wdychać dymów powstających w wyniku pożaru lub wybuchu.
- S42 Podczas fumigacji/rozpylania/natryskiwania stosować odpowiednie środki ochrony dróg oddechowych (rodzaj określi producent).
- S43 W przypadku pożaru używać ... (podać rodzaj sprzętu przeciwpożarowego. Jeżeli woda zwiększa zagrożenie, dodać: "nigdy nie używać wody").
- S45 W przypadku awarii lub jeżeli źle się poczujesz, niezwłocznie zasięgnij porady lekarza - jeżeli to możliwe, pokaż etykietę.
- S46 W razie połknięcia niezwłocznie zasięgnij porady lekarza - pokaż opakowanie lub etykietę.
- S47 Przechowywać w temperaturze nieprzekraczającej ... °C (określi producent).
- S48 Przechowywać produkt zwilżony ... (właściwy materiał określi producent).
- S49 Przechowywać wyłącznie w oryginalnym opakowaniu.
- S50 Nie mieszać z ... (określi producent).
- S51 Stosować wyłącznie w dobrze wentylowanych pomieszczeniach.
- S52 Nie zaleca się nanoszenia na duże płaszczyzny wewnątrz pomieszczeń.
- S53 Unikać narażenia - przed użyciem zapoznać się z instrukcją.
- S56 Zużyty produkt oraz opakowanie dostarczyć na składowisko odpadów niebezpiecznych.
- S57 Używać odpowiednich pojemników zapobiegających skażeniu środowiska.
- S59 Przestrzegać wskazówek producenta lub dostawcy dotyczących odzysku lub wtórnego wykorzystania.
- S60 Produkt i opakowanie usuwać jako odpad niebezpieczny.
- S61 Unikać zrzutów do środowiska. Postępować zgodnie z instrukcją lub kartą charakterystyki.
- S62 W razie połknięcia nie wywoływać wymiotów: niezwłocznie zasięgnąć porady lekarza i pokazać opakowanie lub etykietę.
- S63 W przypadku zatrucia drogą oddechową wyprowadzić lub wynieść poszkodowanego na świeże powietrze i zapewnić warunki do odpoczynku.
- S64 W przypadku połknięcia wypłukać usta wodą - nigdy nie stosować u osób nieprzytomnych.

#### ŁĄCZONE ZWROTY S

- S1/2 Przechowywać pod zamknięciem i chronić przed dziećmi.
- S3/7 Przechowywać pojemnik szczelnie zamknięty w chłodnym miejscu.
- S3/9/14 Przechowywać w chłodnym, dobrze wentylowanym miejscu, z dala od ... (materiału wskazanego przez producenta).
- S3/9/14/49 Przechowywać wyłącznie w oryginalnym opakowaniu, w chłodnym, dobrze wentylowanym miejscu; nie przechowywać razem z ... (materiałami wskazanymi przez producenta).
- S3/9/49 Przechowywać wyłącznie w oryginalnym opakowaniu w chłodnym, dobrze wentylowanym miejscu.
- S3/14 Przechowywać w chłodnym miejscu; nie przechowywać razem z ... (materiałami wskazanymi przez producenta).
- S7/8 Przechowywać pojemnik szczelnie zamknięty w suchym pomieszczeniu.
- S7/9 Przechowywać pojemnik szczelnie zamknięty w miejscu dobrze wentylowanym.
- S7/47 Przechowywać pojemnik szczelnie zamknięty w temperaturze nieprzekraczającej ... °C (określi producent).
- S20/21 Nie jeść i nie pić oraz nie palić tytoniu podczas stosowania produktu.
- S24/25 Unikać zanieczyszczenia skóry i oczu.
- S27/28 W przypadku zanieczyszczenia skóry natychmiast zdjąć całą zanieczyszczoną odzież i przemyć zanieczyszczoną skórę dużą ilością ... (rodzaj cieczy określi producent).
- S29/35 Nie wprowadzać do kanalizacji, a produkt i opakowanie usuwać w sposób bezpieczny.
- S29/56 Nie wprowadzać do kanalizacji, a zużyty produkt i opakowanie dostarczyć na składowisko odpadów niebezpiecznych.
- S36/37 Nosić odpowiednią odzież ochronną i odpowiednie rękawice ochronne.
- S36/37/39 Nosić odpowiednią odzież ochronną, odpowiednie rękawice ochronne i okulary lub ochronę twarzy.
- S36/39 Nosić odpowiednią odzież ochronną i okulary lub ochronę twarzy.
- S37/39 Nosić odpowiednie rękawice ochronne i okulary lub ochronę twarzy.
- S47/49 Przechowywać wyłącznie w oryginalnym opakowaniu w temperaturze nieprzekraczającej ... °C (określi producent).



**NUMER ZWROTU**                      **ZWROT WSKAZUJĄCY RODZAJ ZAGROŻENIA (zwrot R)**

- R1** - Produkt wybuchowy w stanie suchym.
- R2** - Zagrożenie wybuchem wskutek uderzenia, tarcia, kontaktu z ogniem lub innymi źródłami zapłonu.
- R3** - Skrajne zagrożenie wybuchem wskutek uderzenia, tarcia, kontaktu z ogniem lub innymi źródłami zapłonu.
- R4** - Tworzy łatwo wybuchające związki metaliczne.
- R5** - Ogrzanie grozi wybuchem.
- R6** - Produkt wybuchowy z dostępem i bez dostępu powietrza.
- R7** - Może spowodować pożar.
- R8** - Kontakt z materiałami zapalnymi może spowodować pożar.
- R9** - Grozi wybuchem po zmieszaniu z materiałem zapalnym.
- R10** - Produkt łatwo palny.
- R11** - Produkt wysoce łatwo palny.
- R12** - Produkt skrajnie łatwo palny.
- R14** - Reaguje gwałtownie z wodą.
- R15** - W kontakcie z wodą uwalnia skrajnie łatwopalne gazy.
- R16** - Produkt wybuchowy po zmieszaniu z substancjami utleniającymi.
- R17** - Samorzutnie zapala się w powietrzu.
- R18** - Podczas stosowania mogą powstawać łatwo palne lub wybuchowe mieszaniny par z powietrzem.
- R19** - Może tworzyć wybuchowe nadtlenki.
- R20** - Działa szkodliwie przez drogi oddechowe.
- R21** - Działa szkodliwie w kontakcie ze skórą.
- R22** - Działa szkodliwie po połknięciu.
- R23** - Działa toksycznie przez drogi oddechowe.
- R24** - Działa toksycznie w kontakcie ze skórą.
- R25** - Działa toksycznie po połknięciu.
- R26** - Działa bardzo toksycznie przez drogi oddechowe.
- R27** - Działa bardzo toksycznie w kontakcie ze skórą.
- R28** - Działa bardzo toksycznie po połknięciu.
- R29** - W kontakcie z wodą uwalnia toksyczne gazy.
- R30** - Podczas stosowania może stać się wysoce łatwo palny.
- R31** - W kontakcie z kwasami uwalnia toksyczne gazy.
- R32** - W kontakcie z kwasami uwalnia bardzo toksyczne gazy.
- R33** - Niebezpieczeństwo kumulacji w organizmie.
- R34** - Powoduje oparzenia.
- R35** - Powoduje poważne oparzenia.
- R36** - Działa drażniąco na oczy.
- R37** - Działa drażniąco na drogi oddechowe.
- R38** - Działa drażniąco na skórę.
- R39** - Zagraża powstaniem bardzo poważnych nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R40** - Ograniczone dowody działania rakotwórczego.
- R41** - Ryzyko poważnego uszkodzenia oczu.
- R42** - Może powodować uczulenie w następstwie narażenia drogą oddechową.
- R43** - Może powodować uczulenie w kontakcie ze skórą.
- R44** - Zagrożenie wybuchem po ogrzaniu w zamkniętym pojemniku.
- R45** - Może powodować raka.
- R46** - Może powodować dziedziczne wady genetyczne.
- R48** - Stwarza poważne zagrożenie zdrowia w następstwie długotrwałego narażenia.
- R49** - Może powodować raka w następstwie narażenia drogą oddechową.
- R50** - Działa bardzo toksycznie na organizmy wodne.
- R51** - Działa toksycznie na organizmy wodne.
- R52** - Działa szkodliwie na organizmy wodne.
- R53** - Może powodować długo utrzymujące się niekorzystne zmiany w środowisku wodnym.

- R54** - Działa toksycznie na rośliny.
- R55** - Działa toksycznie na zwierzęta.
- R56** - Działa toksycznie na organizmy glebowe.
- R57** - Działa toksycznie na pszczoły.
- R58** - Może powodować długo utrzymujące się niekorzystne zmiany w środowisku.
- R59** - Stwarza zagrożenie dla warstwy ozonowej.
- R60** - Może upośledzać płodność.
- R61** - Może działać szkodliwie na dziecko w łonie matki.
- R62** - Możliwe ryzyko upośledzenia płodności.
- R63** - Możliwe ryzyko szkodliwego działania na dziecko w łonie matki.
- R64** - Może oddziaływać szkodliwie na dzieci karmione piersią.
- R65** - Działa szkodliwie; może powodować uszkodzenie płuc w przypadku połknięcia.
- R66** - Powtarzające się narażenie może powodować wysuszenie lub pęknięcie skóry.
- R67** - Pary mogą wywoływać uczucie senności i zawroty głowy.
- R68** - Możliwe ryzyko powstania nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.

#### ŁĄCZONE ZWROTY R

- R14/15** - Reaguje gwałtownie z wodą, uwalniając skrajnie łatwo palne gazy.
- R15/29** - W kontakcie z wodą uwalnia skrajnie łatwo palne, toksyczne gazy.
- R20/21** - Działa szkodliwie przez drogi oddechowe i w kontakcie ze skórą.
- R20/22** - Działa szkodliwie przez drogi oddechowe i po połknięciu.
- R20/21/22** - Działa szkodliwie przez drogi oddechowe, w kontakcie ze skórą i po połknięciu.
- R21/22** - Działa szkodliwie w kontakcie ze skórą i po połknięciu.
- R23/24** - Działa toksycznie przez drogi oddechowe i w kontakcie ze skórą.
- R23/25** - Działa toksycznie przez drogi oddechowe i po połknięciu.
- R23/24/25** - Działa toksycznie przez drogi oddechowe, w kontakcie ze skórą i po połknięciu.
- R24/25** - Działa toksycznie w kontakcie ze skórą i po połknięciu.
- R26/27** - Działa bardzo toksycznie przez drogi oddechowe i w kontakcie ze skórą.
- R26/28** - Działa bardzo toksycznie przez drogi oddechowe i po połknięciu.
- R26/27/28** - Działa bardzo toksycznie przez drogi oddechowe, w kontakcie ze skórą i po połknięciu.
- R27/28** - Działa bardzo toksycznie w kontakcie ze skórą i po połknięciu.
- R36/37** - Działa drażniąco na oczy i drogi oddechowe.
- R36/38** - Działa drażniąco na oczy i skórę.
- R36/37/38** - Działa drażniąco na oczy, drogi oddechowe i skórę.
- R37/38** - Działa drażniąco na drogi oddechowe i skórę.
- R39/23** - Działa toksycznie przez drogi oddechowe; zagraża powstaniem bardzo poważnych nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R39/24** - Działa toksycznie w kontakcie ze skórą; zagraża powstaniem bardzo poważnych nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R39/25** - Działa toksycznie po połknięciu; zagraża powstaniem bardzo poważnych nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R39/23/24** - Działa toksycznie przez drogi oddechowe i w kontakcie ze skórą; zagraża powstaniem bardzo poważnych nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R39/23/25** - Działa toksycznie przez drogi oddechowe i po połknięciu; zagraża powstaniem bardzo poważnych nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R39/24/25** - Działa toksycznie w kontakcie ze skórą i po połknięciu; zagraża powstaniem bardzo poważnych nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R39/23/24/25** - Działa toksycznie przez drogi oddechowe, w kontakcie ze skórą i po połknięciu; zagraża powstaniem bardzo poważnych nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R39/26** - Działa bardzo toksycznie przez drogi oddechowe; zagraża powstaniem bardzo poważnych nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R39/27** - Działa bardzo toksycznie w kontakcie ze skórą; zagraża powstaniem bardzo poważnych nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R39/28** - Działa bardzo toksycznie po połknięciu; zagraża powstaniem bardzo poważnych nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R39/26/27** - Działa bardzo toksycznie przez drogi oddechowe i w kontakcie ze skórą; zagraża powstaniem bardzo poważnych nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.

- R39/26/28** - Działa bardzo toksycznie przez drogi oddechowe i po połknięciu; zagraża powstaniem bardzo poważnych nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R39/27/28** - Działa bardzo toksycznie w kontakcie ze skórą i po połknięciu; zagraża powstaniem bardzo poważnych nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R39/26/27/28** - Działa bardzo toksycznie przez drogi oddechowe, w kontakcie ze skórą i po połknięciu; zagraża powstaniem bardzo poważnych nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R42/43** - Może powodować uczulenie w następstwie narażenia drogą oddechową i w kontakcie ze skórą.
- R48/20** - Działa szkodliwie przez drogi oddechowe; stwarza poważne zagrożenie zdrowia w następstwie długotrwałego narażenia.
- R48/21** - Działa szkodliwie w kontakcie ze skórą; stwarza poważne zagrożenie zdrowia w następstwie długotrwałego narażenia.
- R48/22** - Działa szkodliwie po połknięciu; stwarza poważne zagrożenie zdrowia w następstwie długotrwałego narażenia.
- R48/20/21** - Działa szkodliwie przez drogi oddechowe i w kontakcie ze skórą; stwarza poważne zagrożenie zdrowia w następstwie długotrwałego narażenia.
- R48/20/22** - Działa szkodliwie przez drogi oddechowe i po połknięciu; stwarza poważne zagrożenie zdrowia w następstwie długotrwałego narażenia.
- R48/21/22** - Działa szkodliwie w kontakcie ze skórą i po połknięciu; stwarza poważne zagrożenie zdrowia w następstwie długotrwałego narażenia.
- R48/20/21/22** - Działa szkodliwie przez drogi oddechowe, w kontakcie ze skórą i po połknięciu; stwarza poważne zagrożenie zdrowia w następstwie długotrwałego narażenia.
- R48/23** - Działa toksycznie przez drogi oddechowe; stwarza poważne zagrożenie zdrowia w następstwie długotrwałego narażenia.
- R48/24** - Działa toksycznie w kontakcie ze skórą; stwarza poważne zagrożenie zdrowia w następstwie długotrwałego narażenia.
- R48/25** - Działa toksycznie po połknięciu; stwarza poważne zagrożenie zdrowia w następstwie długotrwałego narażenia.
- R48/23/24** - Działa toksycznie przez drogi oddechowe i w kontakcie ze skórą; stwarza poważne zagrożenie zdrowia w następstwie długotrwałego narażenia.
- R48/23/25** - Działa toksycznie przez drogi oddechowe i po połknięciu; stwarza poważne zagrożenie zdrowia w następstwie długotrwałego narażenia.
- R48/24/25** - Działa toksycznie w kontakcie ze skórą i po połknięciu; stwarza poważne zagrożenie zdrowia w następstwie długotrwałego narażenia.
- R48/23/24/25** - Działa toksycznie przez drogi oddechowe, w kontakcie ze skórą i po połknięciu; stwarza poważne zagrożenie zdrowia w następstwie długotrwałego narażenia.
- R50/53** - Działa bardzo toksycznie na organizmy wodne; może powodować długo utrzymujące się niekorzystne zmiany w środowisku wodnym.
- R51/53** - Działa toksycznie na organizmy wodne; może powodować długo utrzymujące się niekorzystne zmiany w środowisku wodnym.
- R52/53** - Działa szkodliwie na organizmy wodne; może powodować długo utrzymujące się niekorzystne zmiany w środowisku wodnym.
- R68/20** - Działa szkodliwie przez drogi oddechowe; możliwe ryzyko powstania nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R68/21** - Działa szkodliwie w kontakcie ze skórą; możliwe ryzyko powstania nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R68/22** - Działa szkodliwie po połknięciu; możliwe ryzyko powstania nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R68/20/21** - Działa szkodliwie przez drogi oddechowe i w kontakcie ze skórą; możliwe ryzyko powstania nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R68/20/22** - Działa szkodliwie przez drogi oddechowe i po połknięciu; możliwe ryzyko powstania nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R68/21/22** - Działa szkodliwie w kontakcie ze skórą i po połknięciu; możliwe ryzyko powstania nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.
- R68/20/21/22** - Działa szkodliwie przez drogi oddechowe, w kontakcie ze skórą i po połknięciu; możliwe ryzyko powstania nieodwracalnych zmian w stanie zdrowia.

### **Zał. 3. Podstawowe wyposażenie i czynności laboratoryjne wykonywane podczas ćwiczeń laboratoryjnych z zakresu chemii sanitarnej, chemii budowlanej, oczyszczania wody i ścieków.**

Większość urządzeń w laboratorium to precyzyjne i delikatne urządzenia analityczne. Należy korzystać z nich zgodnie z instrukcjami i wskazówkami prowadzących.

W laboratorium powszechnie wykorzystywane są naczynia szklane. Szkło wykazuje się odpornością na większość czynników chemicznych, ale jest kruche. Przy posługiwaniu się naczyniami szklanymi należy zachować ostrożność w celu uniknięcia: stłuczenia szkła, skaleczeń, rozlania niebezpiecznych odczynników.

#### **Zlewki**

Zlewki to szklane naczynia laboratoryjne, najczęściej z naniesioną podziałką. Pomimo naniesionej podziałki nie należy ich stosować do odmierzania objętości wody/roztworów. Rodzaj zlewki określany jest jej pojemnością często z podaniem dodatkowo niska lub wysoka (określenie proporcji pomiędzy powierzchnią a wysokością zlewki).



#### **Kolby stożkowe**



Nazwa kolby stożkowe obejmuje szeroką grupę naczyń laboratoryjnych o charakterystycznym kształcie.

Niektóre z nich mogą posiadać naniesioną podziałkę. Pomimo naniesionej podziałki nie należy ich stosować do odmierzania objętości wody/roztworów.

Kolby te najczęściej wykorzystywane są w zestawach do sączenia oraz podczas miareczkowania. Kolby używane do miareczkowania charakteryzują się szeroką szyjką ułatwiającą ich trzymanie i mieszanie, minimalizując jednocześnie ryzyko odmierzenia

roztworu titranta poza kolbę. Kolby te noszą nazwę kolb Erlenmayera (popularnie w laboratorium określa się je nazwą erlenmajerki)

### Cylindry miarowe



Cylindry miarowe spełniają funkcję podobną do pipet wielomiarowych. Odmierzanie objętości cylindrami (zwanymi też menzurkami) obarczone jest jednak większym błędem niż w przypadku pipet. W laboratorium wykorzystywane będą cylindry miarowe o pojemnościach od 10 ml do 2 dm<sup>3</sup>.

### Kolby miarowe



Kolby miarowe są szkłem laboratoryjnym o dokładnie ustalonej objętości. Każda z kolb, w górnej części szyjki, posiada szlifowany pasek (kreskę). Napełnienie kolby miarowej płynem, w taki sposób, że dolny menisk płynu dotyka kreski oznacza umieszczenie w kolbie dokładnej objętości płynu odpowiadającej wielkości kolby (czynność ta nazywana jest dopełnieniem kolby miarowej do kreski). Należy pamiętać, że kolby miarowe skalowane są „na wlew” tzn., że w kolbie znajduje się ściśle określona objętość płynu, ale opróżniając kolbę uzyskamy objętość mniejszą (części płynu zostanie na

ściankach kolby). Kolby miarowe wykorzystywane są najczęściej do przygotowywania roztworów o ściśle określonym stężeniu lub wyrównywania objętości próbek do ściśle określonej objętości (co jest szczególnie istotne przy późniejszym wykonywaniu analizy z użyciem jedynie części roztworu). Przygotowanie roztworu o ściśle określonym stężeniu polega na:

- umieszczeniu w kolbie niewielkiej ilości wody
- ilościowym przeniesieniu do kolby dokładnie odważonego odczynnika
- uzupełnieniu kolby wodą pod kreskę
- dokładnym wymieszaniu zawartości kolby
- uzupełnieniu kolby wodą - do kreski
- dokładnym wymieszaniu zawartości kolby

Pojemności stosowanych kolb miarowych to najczęściej: 25, 20, 100, 200, 250, 500 i 1000 ml.

### Pipety wielomiarowe



Pipety wielomiarowe są rodzajem szkła laboratoryjnego umożliwiającym dokładne odmierzanie różnych objętości płynów. W laboratorium dostępne są pipety wielomiarowe o pojemnościach z zakresu od 1 do 50 ml. Pipetami wielomiarowymi można odmierzyć każdą objętość płynu mieszczącą się w zakresie skali pipety. Przy korzystaniu z pipet nie należy wydmuchiwać płynu z pipety. Pipety są szkłem skalowanym na wylew – oznacza to, że za pomocą pipety, przy swobodnym wypływie płynu, odmierzamy do wybranego naczynia laboratoryjnego, założoną objętość płynu (do pipety nabiera się trochę większa objętość, a przy skalowaniu uwzględniana jest ilość płynu pozostająca na ściankach i w końcówce pipety). Niektóre pipety wielomiarowe mogą mieć naniesiony kolorowy pasek (pasek Schellbacha – czerwony lub niebieski) – ułatwia on dokładne określenie odmierzanej objętości.

Podczas korzystania z pipety wielomiarowej należy zwrócić uwagę na rodzaj skali – wartość „0” może być umieszczona w górnej lub dolnej części pipety.

### Pipety jednomiarowe



Pipety jednomiarowe są rodzajem szkła laboratoryjnego umożliwiającym precyzyjne odmierzanie konkretnej objętości płynu. Każda z nich w górnej części ma naniesiony szlifowany pasek (kreskę) – skalowanie każdej pipety odbywa się indywidualnie. Pipetę napełnia się w taki sposób aby dolny menisk płynu dotykał do kreski (w przypadku płynów mocno zabarwionych górny menisk). W laboratorium dostępne są pipety jednomiarowe o pojemnościach 1; 2; 5; 10; 20; 25; 50 i 100 ml. Pipetami jednomiarowymi można odmierzyć jedną konkretną objętość płynu odpowiadającą pojemności pipety. Przy korzystaniu z pipet nie należy wydmuchiwać płynu z pipety. Pipety są szkłem skalowanym na wylew – oznacza to, że za pomocą pipety, przy swobodnym wypływie płynu, odmierzamy do wybranego naczynia laboratoryjnego, założoną objętość płynu. Pipety jednomiarowe wykorzystywane są najczęściej do precyzyjnego odmierzania objętości próbek roztworu do analizy ilościowej.



## Gruszki i nasadki

Korzystanie z pipet wymaga naciągania płynu do pipety. Do bezpiecznego i higienicznego napełniania pipet służą różnego rodzaju nasadki i gruszki. Na zajęciach najczęściej wykorzystywane będą trójzawore gruszki gumowe. Właściwe operowanie zaworkami umożliwia korzystanie z pipety bez konieczności zdejmowania gruszki.



## Pipety automatyczne



Pipety automatyczne spełniają podobną rolę jak dozowniki automatyczne. W tym przypadku konieczne jest jednak nabieranie za każdym razem odmierzanej objętości płynu. Odmierzany płyn kontaktuje się jedynie z wymienną plastikową końcówką pipety (dzięki temu jedna pipeta może być wykorzystywana do odmierzania różnych płynów - po zmianie końcówek)

Większość pipet automatycznych wyposażona jest w wyrzutnik końcówek co umożliwia zdjęcie końcówki bez jej dotykania (istotne przy odmierzaniu np. płynów żrących lub materiału skażonego biologicznie).

## Dozowniki automatyczne



różnych średnicach, dla każdej takiej strzykawki określona jest objętość „jednej działki”. Jedno naciśnięcie spustu dozownika odmierza objętość płynu odpowiadającą „ilości działek” nastawionych górnym pokrętelem.

Podczas wykonywania rutynowych analiz do każdej z próbek często dodawane są te same ilości odczynników. W celu przyspieszenia wykonania analiz można korzystać z dozowników automatycznych (prawidłowe ich wykorzystanie skraca czas analizy pozwalając zachować wymaganą dokładność). Odczynniki nabierane są do plastikowych „strzykawek” o

## Woda



Woda jest powszechnie wykorzystywana w laboratorium. Jeżeli w przepisach dotyczących wykonania analizy nie sprecyzowano rodzaju wody należy przyjąć, że chodzi o wodę co najmniej destylowaną. Praktycznie często wykorzystywana jest woda redestylowana (podwójnie destylowana). Woda kranowa używana jest jedynie do wstępnego mycia zabrudzonego szkła. Woda redestylowana dostępna jest w laboratorium w butlach z tubusem oraz, w odpowiednio opisanych, tryskawkach na stołach laboratoryjnych.

## Tryskawki



Korzystanie z tryskawek umożliwia:

- uzyskanie strumienia wody potrzebnego przy przepłukiwaniu szkła laboratoryjnego
- dozowanie wody do kolb miarowych
- precyzyjne uzupełnianie kolb miarowych do kreski.

Tryskawki szklanej można używać wylewając wodę (wyższy koniec) lub uzyskując strumień wody (dmuchając w wyższy koniec). Podczas korzystania należy pamiętać o przytrzymaniu głowicy.

Mniejsze tryskawki z tworzywa sztucznego wykorzystywane są głównie do precyzyjnego uzupełniania kolb miarowych.



## Lejki



Na zajęciach lejki najczęściej wykorzystywane będą, w połączeniu z sączkami do oddzielania zawiesin z próbek.

## Sączki i sączenie



Wykonanie niektórych analiz wymaga uzyskania klarownego roztworu. W przypadku próbek mętnych należy je przesączyć oddzielając na sączku zawiesinę i uzyskując klarowny przesącz. W tym celu należy dobrać sączek o odpowiedniej średnicy i twardości (określenie połączone z rozmiarem porów: sączek twardy – małe pory, usunięcie drobnych zawiesin, długi czas sączenia; sączek miękki – duże pory, możliwość przejścia do przesączu drobnych zawiesin, krótki czas sączenia).



W przypadku kiedy wykonanie analizy wymaga uzyskania, z przesączu, ściśle określonej objętości klarownego roztworu, sączenie przeprowadza się do kolby miarowej uzupełniając ją następnie wodą do kreski.

## Eksykator



Eksykator jest naczyniem wykorzystywanym do chłodzenia, studzenia i przechowywania próbek w atmosferze pozbawionej wilgoci. Umieszczany w dolnej części żel charakteryzuje się bardzo wysoką higroskopijnością i powoduje usunięcie całej wilgoci z wnętrza naczynia. Eksykator wykorzystywany jest najczęściej do studzenia próbek wysuszonych do stałej masy i przechowywania ich w okresach pomiędzy ważeniami (przy kontakcie z wilgotnym powietrzem masa próbki ulegałaby zmianie). Żel posiada ograniczone możliwości pochłaniania wilgoci – eksykator należy otwierać (przesuwając pokrywę) tylko na czas niezbędny do włożenia lub wyjęcia próbek, ograniczając dopływ wilgotnego powietrza z pomieszczenia. Zużyty żel (rozpoznanie po zmianie koloru) należy poddać regeneracji (suszenie).

## Naczyńka wagowe

Precyzyjne odważanie (z dokładnością do 0,0001 g) niewielkich ilości substancji (czasami poniżej 0,1 g) jest czynnością czasochłonną. Większość odważanych substancji wykazuje właściwości higroskopijne. Jeżeli próbka w czasie ważenia zmienia swoją masę (wchłania wilgoć z powietrza), a odczyt masy może nastąpić dopiero po ustabilizowaniu się wahań wagi, to wynik ważenia substancji umieszczonej bezpośrednio na szalce wagi, w wilgotnym powietrzu, może być obarczony błędem. Naczyńko wagowe jest niewielkim, lekkim, szczelnie zamykanym, naczyniem, wykonanym z cienkiego szkła. Umieszczenie odważanej substancji w szczelnie zamkniętym naczynku wagowym (najczęściej połączone z wcześniejszym kilkukrotnym suszeniem i wystudzeniem substancji i naczynka w eksykatorze) umożliwia dokładne ustalenie masy substancji (procedura nazywana jest suszeniem do stałej masy).



## Wagi i ważenie



Ze względu na wymaganą dokładność, ważenie w laboratorium chemicznym jest czynnością różniącą się od ważenia w potocznym słowa tego znaczeniu. Do celów analizy ilościowej wymagane jest ważenie z dokładnością do 0,0001 g (0,1 mg). Większość odważanych substancji wykazuje właściwości higroskopijne (ze względu na pochłanianie wilgoci, przy kontakcie z wilgotnym powietrzem masa substancji może się zmieniać w czasie odważania). Przy odważaniu tego rodzaju substancji należy korzystać z naczynek wagowych. Jeżeli wymagane jest odważenie odczynnika w stanie pozbawionym wilgoci wykorzystuje się suszarki i ekscykatory. Zestaw czynności określanych jako suszenie do stałej masy obejmuje cyklicznie wykonywane suszenie (naczynko wagowe, suszarka), studzenie (naczynko wagowe, ekscyktor) i ważenie (naczynko wagowe, waga) do uzyskania jednakowych mas ( $\pm 0,0005\text{g}$ ) w następujących po sobie dwóch ważeniach – procedura ta jest czasochłonna.



Przy odważaniu do celów analizy ilościowej próbek w stanie takim w jakim się znajdują w pojemnikach/opakowaniach w laboratorium będzie stosowany następujący sposób (opis dotyczy wykorzystania analitycznej wagi elektronicznej):

- włączenie wagi
- wybór wyświetlanych jednostek masy (g, mg)
- umieszczenie na szalce wagi pustego, suchego naczynka wagowego (naczynko należy przynieść suchymi i czystymi rękoma)
- wytarowanie wagi z pustym naczynkiem (diody kontrolne zero i stabilizacja)
- umieszczenie w naczynku naważki substancji (przy potrzebie zważenia konkretnej ilości substancji praktycznie jest początkowo umieścić w naczynku ilość mniejszą i stopniowo dosypywać do uzyskania wymaganej masy)
- odczytanie masy na wyświetlaczu wagi (diody kontrolna „stabilizacja”) i ewentualne dodanie lub odjęcie pewnej ilości substancji
- odczytanie ostatecznego wyniku (diody kontrolna „stabilizacja”).



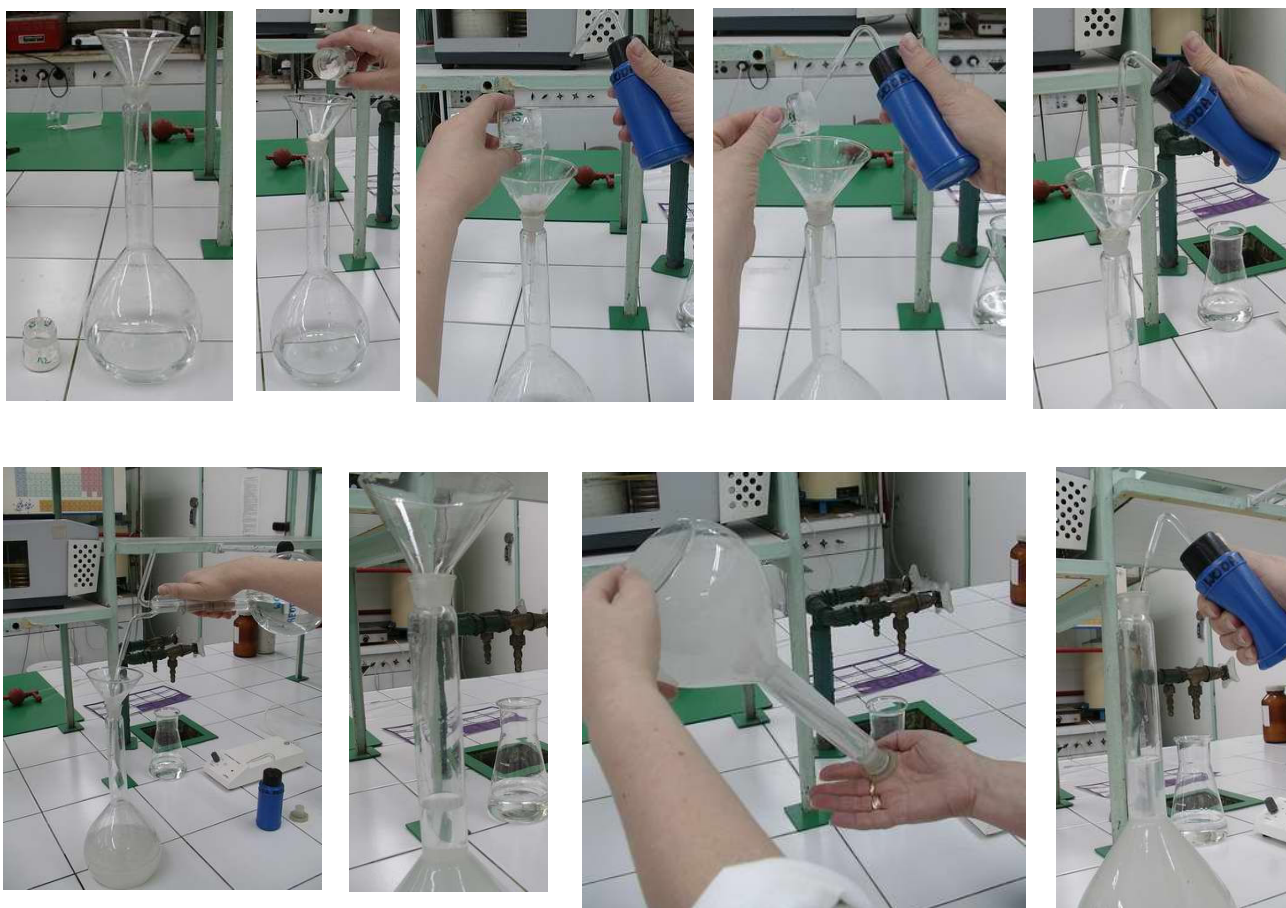
W przypadku kiedy odważana substancja nie wykazuje właściwości higroskopijnych, a wystarczająca będzie mniejsza dokładność ważenia, można zamiast naczynka wagowego wykorzystać papierki wagowe (woskowane papierki umożliwiające łatwe zsypanie całej ilości odważanej substancji)



### Przeniesienie ilościowe odważonego odczynnika do roztworu

Ilościowe przeniesienie jest pojęciem określającym przełożenie **dokładnie całej** ilości substancji z jednego pojemnika do drugiego. W czasie zajęć laboratoryjnych najczęściej będzie to dotyczyło umieszczenia całej ilości dokładnie odważonego odczynnika w kolbie miarowej w celu uzyskania ściśle określonej objętości roztworu zawierającego dokładnie zważoną ilość odczynnika. Odważany odczynnik znajduje się najczęściej w naczyniu wagowym, a jego część przywiera do ścianek i/lub wieczka naczynia. W takim przypadku przeniesienie ilościowe polega na:

- umieszczeniu lejka w szyjce odpowiedniej kolby miarowej
- przesypaniu zawartości naczynia wagowego na lejek
- dokładnym, kilkukrotnym przepłukaniu naczynia wagowego nad lejkiem (tryskawką)
- dokładnym, kilkukrotnym przepłukaniu wieczka naczynia wagowego nad lejkiem (tryskawką)
- wlewaniu wody przez lejek do kolby (cała ilość odczynnika znajdująca się na lejku powinna dostać się do kolby) – na tym etapie dolewanie wody należy zakończyć przed dopełnieniem kolby do kreski



## Mieszadło magnetyczne



Mieszadła magnetyczne mogą być wykorzystywane podczas wykonywania analizy miareczkowej (przy braku wprawy trudność może stanowić jednocześnie precyzyjne dozowanie roztworu titranta z biurety połączone z płynnym mieszaniem miareczkowanej w kolbie próbki). Mieszadło magnetyczne składa się z podstawy, w której znajduje się obracające się (z regulowaną

prędkością) metalowe ramię oraz umieszczanego w naczyniu z próbką magnesu, zalanego odpornym na działanie czynników chemicznych tworzywem sztucznym. W kolbie z próbką należy ostrożnie umieścić magnes, kolbę postawić na mieszadle i uregulować obroty zapewniające płynne mieszanie zawartości kolby. Korzystanie z mieszadła magnetycznego pozwala skupić uwagę na prawidłowej obsłudze biurety.



## Butelki z wkraplaczem



Podczas wykonywania analizy miareczkowej do próbki, z biurety, dozowany jest roztwór titranta. Punkt końcowy miareczkowania identyfikowany jest najczęściej przez zmianę barwy, wcześniej wprowadzonego do próbki wskaźnika. Wskaźnik zazwyczaj dodawany jest w ilości kilku kropli. Do tego celu służą buteleczki z pipetkami zaopatrzonymi w gumowe smoczki (wkraplacze).

## Biureta



Pojęcie biureta dotyczy grupy urządzeń, których wspólną cechą jest możliwość dokładnego i precyzyjnego, stopniowego dozowania niewielkich objętości roztworu, o ściśle określonym stężeniu, do analizowanych próbek.

Obsługa biurety polega na jej napełnieniu, wyzerowaniu, dozowaniu w trakcie miareczkowania, odczycie wyniku po zakończonym miareczkowaniu, a sposób obsługi zależy od typu biurety. W czasie zajęć w laboratorium wykorzystywane będą biurety półautomatyczne oraz elektroniczne.



Czynność	Biureta półautomatyczna	Biureta elektroniczna
Napełnianie	Naciśnięcie plastikowej butelki powoduje przetłoczenie roztworu z butelki do biurety	Włączenie biurety (On/Off). Ustawienie przełącznika w pozycji „Fill”. Ruch pokrętkiem „w górę” <b>(tylko zgodnie ze strzałką na wyświetlaczu)</b> powoduje nabranie roztworu do biurety. Zakończenie napełniania następuje w momencie lekkiego wyczuwalnego oporu.
Zerowanie	Po zakończeniu napełniania nadmiar roztworu z biurety odsysany jest automatycznie (w momencie zwolnienia nacisku na butelkę)	Naciśnięcie przycisku „Clear” powoduje wyzerowanie wskazania biurety i wyświetlenie wartości 00,00.
Dozowanie	Odkręcanie teflonowego kranika do uzyskania wymaganej szybkości dozowania	Ustawienie przełącznika w pozycji „Titr”. Ruch pokrętkiem „w dół” <b>(tylko zgodnie ze strzałką na wyświetlaczu)</b> powoduje dozowanie roztworu z biurety
Odczyt wyniku	Ze skali biurety	Wynik na wyświetlaczu biurety



## Miareczkowanie



Miareczkowanie jest czynnością wykonywaną podczas ilościowej analizy objętościowej. Analiza ta polega na ilościowym oznaczeniu substancji w badanej próbce przez wprowadzanie do próbki, za pomocą biurety, roztworu substancji, o ściśle określonym stężeniu, reagującej chemicznie z substancją oznaczaną. Zapisując równanie przebiegającej reakcji oraz znając objętość i stężenie dozowanego roztworu substancji (titranta) można obliczyć ilość substancji oznaczanej (analitu).

Miareczkowanie polega na dozowaniu roztworu o ściśle określonym stężeniu (titranta) z biurety do naczynia z roztworem oznaczanej substancji (analitem). Dozowanie kończy się w chwili kiedy titrant przereaguje stechiometrycznie z analitem. Koniec miareczkowania ustalany jest w oparciu o zmianę barwy, wcześniej wprowadzonego do analizowanej próbki, wskaźnika. Wskaźniki do różnych oznaczeń dobierane są w taki sposób aby zmiana ich barwy wskazywała punkt, w którym titrant przereagował stechiometrycznie z analitem.

W ujęciu praktycznym miareczkowanie polega na:

- przygotowaniu analizowanej próbki (określenie objętości i umieszczenie próbki w erlenmajerce o odpowiednio dobranej pojemności)
- napełnieniu i wyzerowaniu biurety
- dozowaniu roztworu z biurety do próbki (przy ciągłym mieszaniu próbki, szybkość dozowania powinna być największa na początku miareczkowania i przechodzić w dozowanie kroplami pod koniec miareczkowania)
- zakończeniu dozowania w chwili zmiany barwy wskaźnika (w idealnym przypadku zakończenie miareczkowania następuje po dodaniu ostatniej kropli roztworu, która spowodowała zmianę barwy wskaźnika)
- odczytaniu (i zapisaniu) z podziałki biurety objętości zużytego roztworu titranta

Sposób napełniania, zerowania i dozowania zależy od typu użytej biurety.

### Prawidłowy sposób miareczkowania



#### Zał. 4. Podstawowe czynności związane z obsługą fotometru MPM 3000/SQ 300

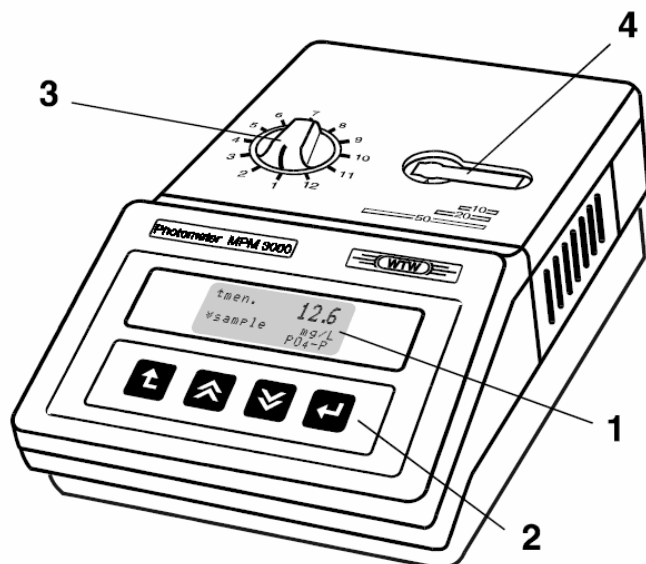
Informacje związane z obsługą fotometru dotyczą modelu MPM 3000 (dla fotometru SQ 300 szczegóły mogą być inne – np. długości fal świetlnych na poszczególnych filtrach lub niektóre opcje menu dodatkowego)

Stosowane do oznaczeń fotometry MPM 3000/SQ 300 są uniwersalnymi, standardowymi fotometrami wykorzystywanymi głównie do rutynowych analiz wody i ścieków. Zastosowanie techniki mikroprocesorowej wraz z zoptymalizowanym oprogramowaniem zapewnia łatwość obsługi w odniesieniu do ustawiania parametrów. Tego typu fotometry są „przyjazne” dla użytkownika a ich obsługa, w podstawowym zakresie, jest intuicyjna.

Podstawowe czynności związane z wykonaniem pomiaru obejmują:

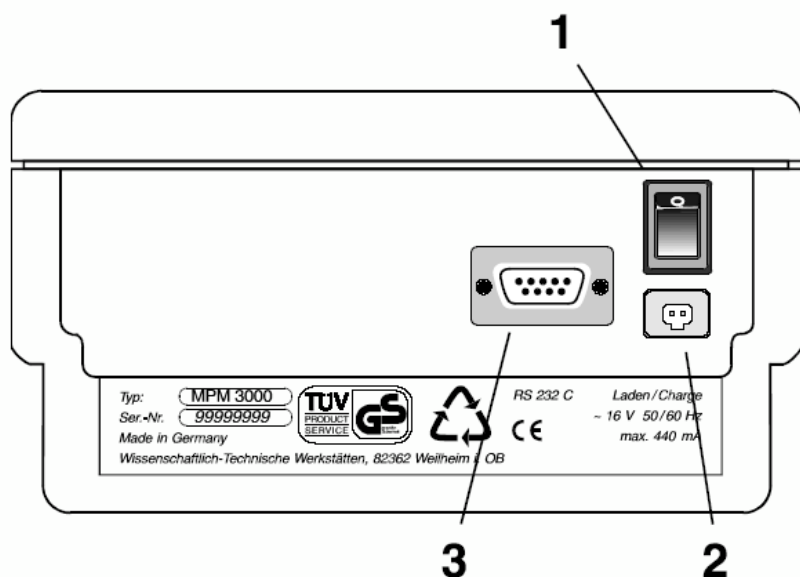
- ustalenie pozycji przełącznika filtra na której będzie wykonywany pomiar mierzonego parametru (wg informacji podanej w zestawie odczynników)
- ustawienie aparatu do pomiaru wybranego parametru
- ustalenie opcji dodatkowych (pomiar ślepej próby, odmierzanie czasu reakcji, postać i jednostki w jakich ma być podawany wynik)
- przygotowanie próbki (ewentualnie też próby ślepej) zgodnie z procedurą oznaczania
- pomiar ślepej próby
- pomiary próbek

Fizyczne wykonanie pomiaru należy poprzedzić doбором kuwetki gwarantującej uzyskanie dokładnego wyniku mieszczącego się w zakresie pomiarowym danej metody (w oparciu o oszacowanie spodziewanego wyniku).



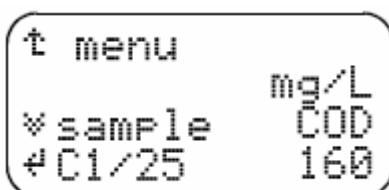
- 1 Wyświetlacz
- 2 Klawisze zabezpieczone folią
- 3 Przełącznik filtra (długości fali świetlnej)
- 4 Komora na probówki/kuwetki





- 1 Włącznik
- 2 Gniazdo zasilania
- 3 Gniazdo V24/RS232 C

## Wyświetlacz (Przykłady standardowo wyświetlanych informacji)

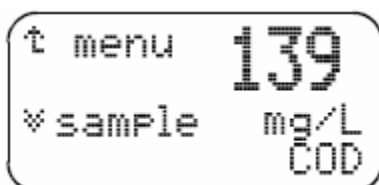


**Pomiar**  
**mg/L:** jednostka  
**COD:** Oznaczany parametr  
**160:** górny zakres wartości mierzonej

↑: Przejdź do menu "Funkcje dodatkowe"

↙: Wybór metody

↘: Pomiar



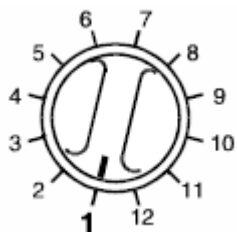
**Informacja o wartości mierzonej:**  
**139:** wartość zmierzona  
**mg/L:** jednostka  
**COD:** oznaczany parametr

↑: przejdź do głównego menu

↘: wykonanie następnego pomiaru (lub powtórzenie bieżącego)

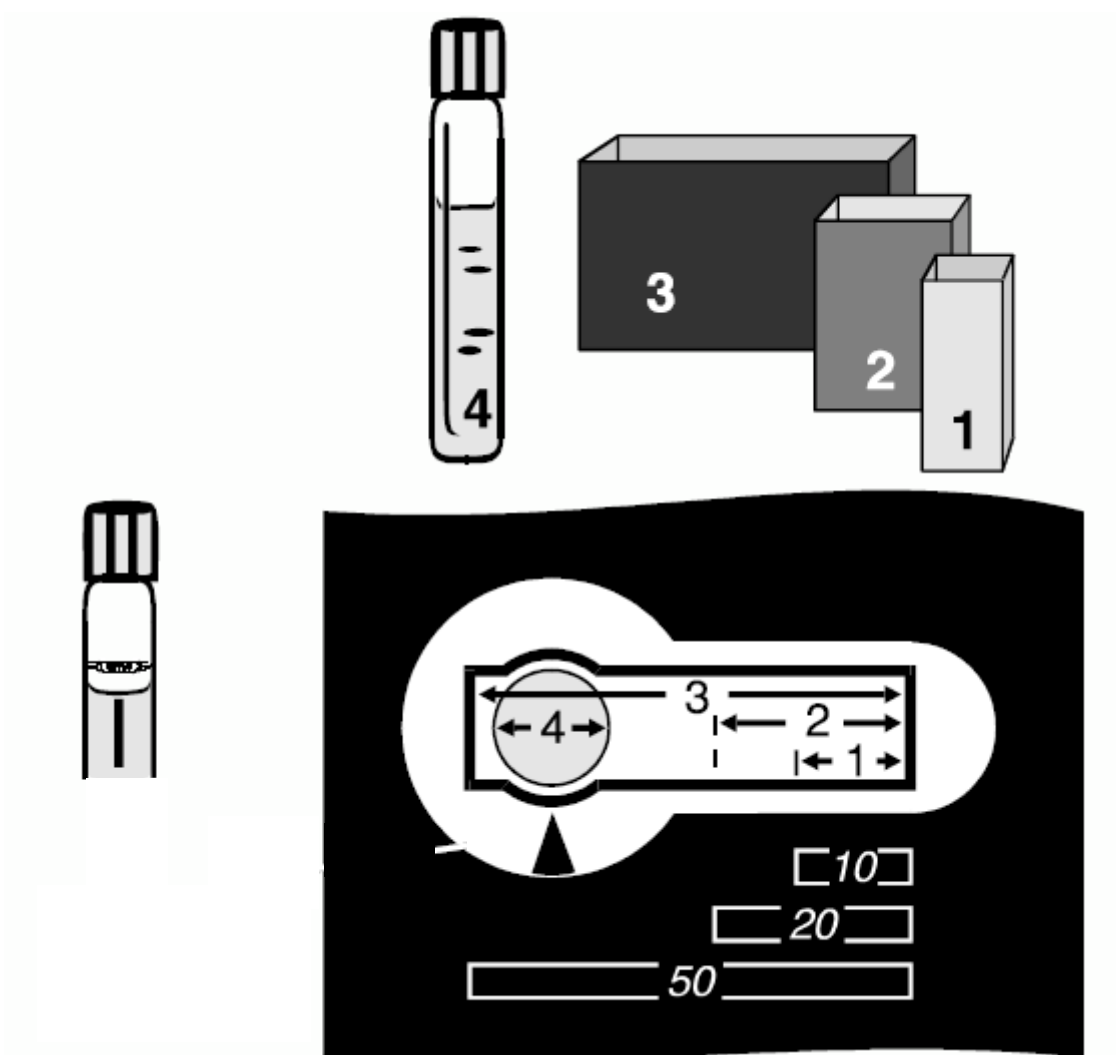
documentation  
\*form of ind.  
absorbance  
factor

**Funkcje dodatkowe**  
odznaczono „oznaczany parametr”



**Wybór filtra (długości fali świetlnej)**  
Pozycja 12 jest wolna dla dodatkowego filtra

Pozycja	Długość fali [nm]	Domyślnie ustawione oznaczenie
1	445	C1/25 COD 160
2	585	C2/25 COD 1500
3	340	N1/25 Nitrate 50
4	540	N4/25 Nitrite 2
5	690	A5/25 Ammonium
6	520	14542 Nitrate
7	405	14546 Phosphate
8	495	14566 Zinc
9	620	14557 Fluoride
10	660	14779 Hydrogen sulfite
11	820	14564 Sulfate
12	free	



Rys. Sposób umieszczania kuwet w komorze pomiarowej

Probówka/Kuwetka	Minimalna objętość napełnienia [ml]	Minimalna wysokość napełnienia [mm]
● 14 mm vial	2.6 ml	20 mm
● 10 mm rectangular cuvette	2.0 ml	20 mm
● 20 mm rectangular cuvette	4.0 ml	20 mm
● 50 mm rectangular cuvette	10 ml	20 mm

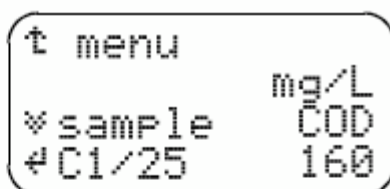
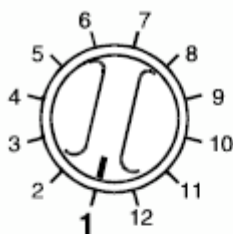
cuvette  
of order

informacja o nieprawidłowo umieszczonej kuwetce (wyjąć i powtórnie, prawidłowo, umieścić w komorze)

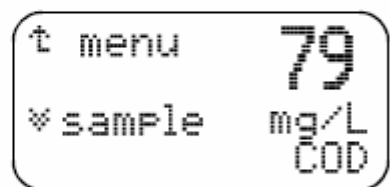
### Wskazówki praktyczne

- odczynniki stosowane do oznaczeń opisane są przez ich producentów w sposób kodowy. W stosunku do wszystkich z używanych odczynników należy sprawdzić rodzaj zagrożenia jaki stwarzają (zwroty R) oraz ustalić i zastosować sposób bezpiecznego obchodzenia się z nimi (zwroty S)
- pomiary należy rozpocząć od ustalenia, na której pozycji filtra należy wykonać pomiar. W odpowiednim menu fotometru wyświetlane są tylko te metody, których pomiar odbywa się na wybranej pozycji pokrętki filtra
- przy oznaczeniach ze ślepą próbą należy pamiętać, że zmiana metody powoduje wykasowanie wartości zmierzonej dla ślepej próby z pamięci aparatu
- przy wykonywaniu kilku oznaczeń jednego parametru, zwłaszcza dla oznaczeń z czasem reakcji, praktycznie jest przygotować więcej próbek w przyjętych odstępach czasu
- poprawny wynik (mieszczący się w zakresie pomiarowym) wyświetlany jest dużymi cyframi. Wyświetlenie wyniku małymi cyframi (lub ----) oznacza, że jest on mniejszy od dolnego zakresu metody lub większy od górnego zakresu metody. W takim przypadku zapis wyniku ogranicza się do podania: > „górny zakres” lub < „dolny zakres” (wartości „górny zakres” i „dolny zakres”, dla różnych kuwet, podane są w instrukcji dołączonej do zestawu odczynników oraz pokazywane na wyświetlaczu fotometru)
- po przygotowaniu próbek, przy oczekiwaniu na pomiar, można ustalić potrzebne parametry (pozycja filtra, rozmiar kuwetki, sposób przygotowania ślepej próby i próbki badanej) dla kolejnego oznaczenia

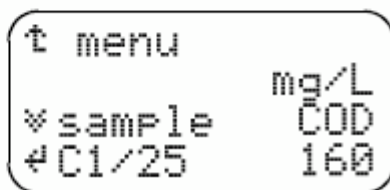
### Pomiary:



Wybierz pozycję przełącznika filtra. Na przykładzie ustawienie do oznaczania ChZT test C1/25. 160 – górny zakres pomiaru w mg/L

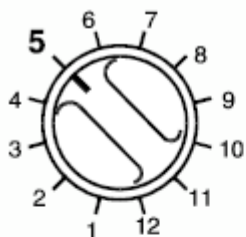


Włóż fiolkę. Wyświetlona zostanie wartość zmierzona



Powrót do menu głównego „Pomiar”

**Zmiana mierzonego parametru:**



```

↑ menu
  sample NH4-N mg/L
#A5/25   8.00
    
```

Wybierz pozycje filtra np. 5.  
Urządzenie nastawione na  
oznaczanie amoniaku A5/25



```

select. meth.
* A5/25 * NH4-N
  P4/25 * PO4-P
  P5/25 * PO4-P
    
```

Wybór metody.  
Odnaczona (wybrana) metoda  
A5/25



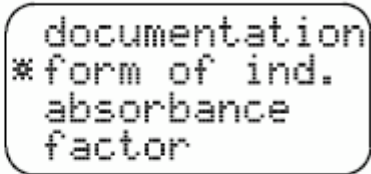

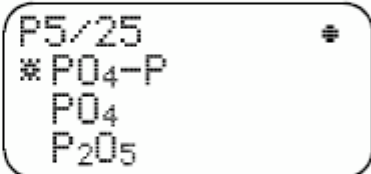

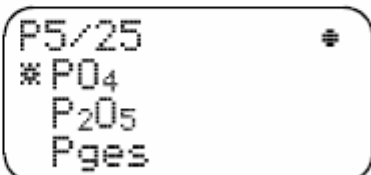

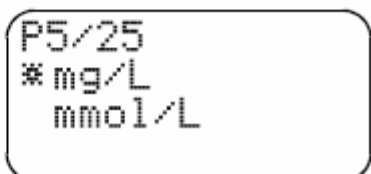


```

select. meth.
* P5/25 * PO4-P
  14558 * NH4-N
  14544 * NH4-N
    
```

Odnaczona (wybrana) metoda  
P5/25

## Zmiana postaci oznaczanego parametru i jednostek

		<p>Przykład: zmiana z mg/L PO<sub>4</sub>-P na mmol/L PO<sub>4</sub> 15,0 – zakres pomiaru do 15,0 mg P-PO<sub>4</sub>/L (górny zakres)</p>
		<p>Wybór funkcji „postać oznaczana”</p>
		<p>Ustawiona jest postać PO<sub>4</sub>-P</p>
		<p>Ustawienie postaci oznaczanej PO<sub>4</sub></p>
		<p>Ustawioną jednostką jest mg/L</p>



```
P5/25
*mmol/L
mg/L
```

Ustawienie jednostki na mmol/L



```
documentation
*form of ind.
absorbance
factor
```

Potwierdzenie ustawienia.  
Zakończenie wyboru w menu „form of ind.”









```
↑ menu
mmol/L
%sample PO4
#P5/25 0.484
```

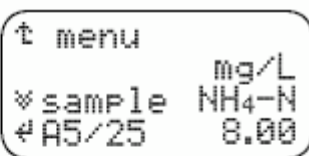
Powrót do pomiaru.  
Gotowe do oznaczeń fosforanów testem P5/25.

PO<sub>4</sub> – oznaczana forma  
mmol/L – jednostki  
0,484 – zakres pomiaru do 0,484 mmol/L  
(górny zakres)

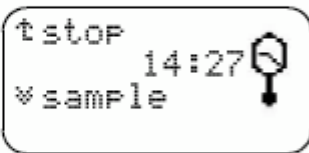
### Oznaczenia przy procedurach z czasem reakcji:

	documentation *form of ind. absorbance factor	Wybrana jest funkcja „postać oznaczana”
	factor *reaction time dilution blank	Wybrana jest funkcja „czas reakcji”
	reaction time *no yes	Odmierzanie czasu reakcji jest wyłączone
	reaction time *yes no	Odmierzanie czasu reakcji jest włączone
	factor *reaction time dilution blank	Potwierdzenie. Zakończenie wyboru w menu „czas reakcji”
	↑ menu mg/L ▽sample NH <sub>4</sub> -N #A5/25 8.00	Powrót do pomiaru





Przykład:  
Test amoniak A5/25 z  
ustawieniem na odmierzenie  
czasu reakcji



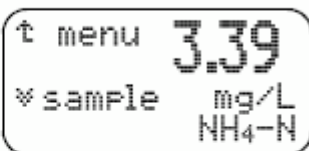
Włóż kuweczkę/fiolkę – w innym  
przypadku zegar się nie uruchomi



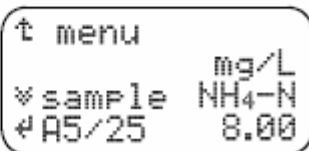
Pozostaw kuweczkę/fiolkę w komorze, nie wyjmuj!



Odczekaj  
wymagany czas  
lub dokonaj  
pomiaru  
naciskając

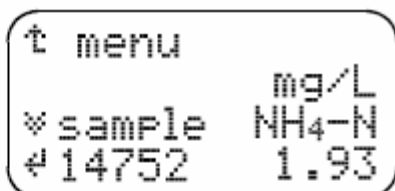
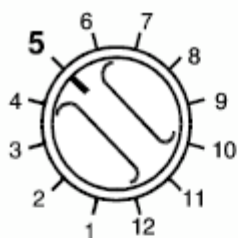


Po odmierzeniu czasu (sygnał  
dźwiękowy) wykonywany jest  
pomiar i wyświetlana wartość  
zmierzona

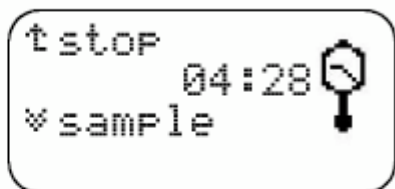
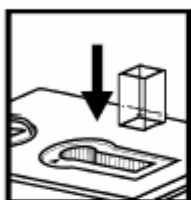


Powrót do głównego menu

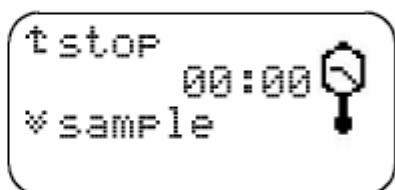
**Procedury z wieloma czasami reakcji:**



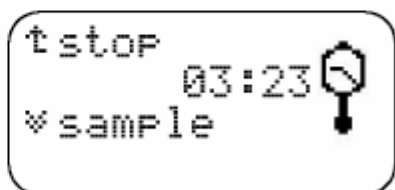
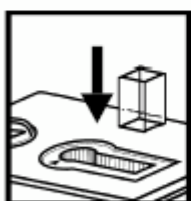
Przykład: Test 14752 MERCK  
Amoniak z ustawionym czasem  
reakcji



Włóż kuwetkę/fiolkę – w innym  
przypadku zegar się nie uruchomi



Po odmierzeniu pierwszego czasu  
reakcji (ton dźwiękowy) postępuj dalej  
zgodnie z procedurą oznaczenia



Rozpoczęcie odmierzania drugiego  
czasu reakcji



Pozostaw kuwetkę/fiolkę w komorze, nie wyjmuj!



Odczekaj wymagany czas lub dokonaj pomiaru naciskając

```

↑ menu      1.21
▽ sample    mg/L
             NH4-N
    
```

Po odmierzeniu czasu (sygnał dźwiękowy) wykonywany jest pomiar i wyświetlana wartość zmierzona



**Czas reakcji odmierzany jest tylko raz.** Do ustawienia odmierzania czasu reakcji zastosuj procedurę ustawiania odmierzania czasu reakcji ponownie:



```

↑ menu
▽ sample    mg/L
             NH4-N
#14752      1.93
    
```

Powrót do menu „Pomiar”



```

select.meth.
*14752 = NH4-N
14543 = PO4-P
14729 = PO4-P
    
```

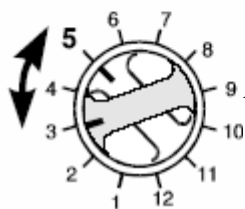
Ustawienie metody np. 14752



```

↑ menu
▽ sample    mg/L
             NH4-N
#14752      1.93
    
```

Gotowe do pomiaru ustawionego parametru z wieloma czasami reakcji



**Alternatywna szybka metoda:**

- przełącz filtr na inną pozycję
- wróć do pozycji wyjściowej

**Oznaczenia ze ślełą próbą:**

	<pre> ↑ menu                                 mg/L ▽ sample PO4-P # P5/25 15.0                     </pre>	<p>Przykład: Test P5/25 na pozycji filtra 5</p>
	<pre> documentation *form of ind. absorbance factor                     </pre>	<p>Ustawiona jest funkcja „oznaczana postać”</p>
	<pre> dilution *blank documentation form of ind.                     </pre>	<p>Wybierz funkcję „ślepa proba”</p>
	<pre> blank *no yes                     </pre>	<p>Korekta wyniku o wartość ślepej próby jest wyłączona</p>
	<pre> blank *yes no                     </pre>	<p>Korekta wyniku o wartość ślepej próby jest włączona</p>



```
dilution
*blank
documentation
form of ind.
```

Potwierdzenie ustawienia.  
Zakończenie wyboru w menu „ślepa próba”



```
↑ menu
*blank mg/L
▽sample PO4-P
←P5/25 15.0
```

Powrót do pomiaru



```
measure sample
blank value:
Place
cuvette
```

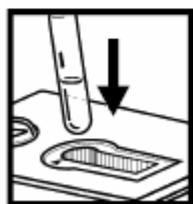


```
↑ menu
*blank
▽sample
PO4-P
```

Wstaw kuwetkę/fiolkę ze ślełą próbą:  
Pomiar dla ślepej próby

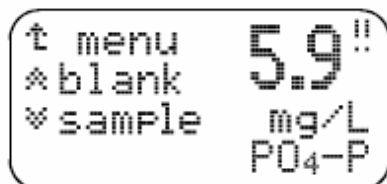
```
↑ menu
*blank 1.4
▽sample mg/L
PO4-P
```

Wartość dla ślepej próby wynosząca 1,4 mg/L PO<sub>4</sub>-P zostaje zachowana w pamięci aparatu



```
↑ menu
*blank
▽sample meas.
PO4-P
```

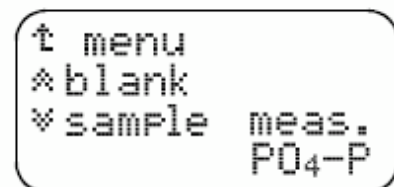
Wstaw kuwetkę/fiolkę z próbka  
badaną.  
Pomiar dla próbki badanej



↑ menu 5.9!!  
▲ blank mg/L  
▼ sample PO<sub>4</sub>-P

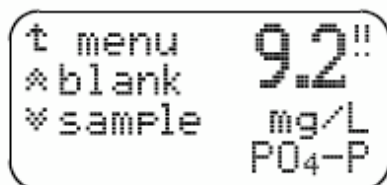
Wyświetlenie skorygowanej wartości zmierzonej dla badanej próbki.

!! oznacza, że wartość dla ślepej próby została odjęta od wartości zmierzonej



↑ menu  
▲ blank meas.  
▼ sample PO<sub>4</sub>-P

Wstaw kolejną kuwetkę/fiolkę z próbką badaną.  
Dokonywany jest pomiar próbki badanej



↑ menu 9.2!!  
▲ blank mg/L  
▼ sample PO<sub>4</sub>-P

Wyświetlenie skorygowanej wartości zmierzonej dla badanej próbki.  
Korekta jest dokonywana w oparciu o **ostatnią zachowaną** wartość dla ślepej próby

!! oznacza, że wartość dla ślepej próby została odjęta od wartości zmierzonej