



**Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie**  
**Wydział Techniki Morskiej i Transportu**  
**Katedra Technicznego Zabezpieczenia Okrętów**

# **INŻYNIERIA OCHRONY ŚRODOWISKA W TRANSPORCIE – LABORATORIUM**

## **INSTRUKCJE DO ĆWICZEŃ**

## Spis treści

	strona
1. Pomiar stężenia zapylenia powietrza	3
2. Określanie składu mieszaniny gazowej i stężeń oznaczonych składników metodą chromatografii gazowej	6
3. Wzorcowanie analizatora gazów palnych (eksplozometru)	14
4. Pomiar parametrów powietrza wpływających na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń	18

# Pomiar stężenia zapylenia powietrza

## 1. Podstawowe definicje i zagadnienia

*zapylenie, źródła zapylenia powietrza, działanie pyłów na organizm człowieka, czynniki wpływające na szkodliwość pyłów, rodzaje pyłomierzy, stężenie zapylenia*

## 2. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest pomiar stężenia zapylenia za pomocą filtrów mierniczych i określenie czynników wpływających na dokładność pomiarów.

## 3. Zasada metody

Metoda pomiaru stężenia zapylenia za pomocą filtrów mierniczych polega na przepuszczeniu (ze stałym natężeniem przepływu) zapyłonego powietrza przez filtr bibułowy o określonej uprzednio masie. Podczas przepływu powietrza pył unoszący się w powietrzu osadza się na filtrze bibułowym. Różnica mas filtra przed badaniem i po badaniu (masa pyłu) odniesiona do jednostki objętości przepuszczonego powietrza daje wartość stężenia zapylenia powietrza.

## 4. Budowa stanowiska

W skład stanowiska do pomiarów stężenia pyłów w powietrzu wchodzi:

- aspirator z regulacją natężenia przepływu powietrza
- głowica do montowania filtrów bibułowych
- filtry bibułowe
- sekundnik
- waga analityczna

## 5. Przebieg ćwiczenia

- filtr bibułowy należy zważyć na wadze analitycznej. Należy przy tym uważać, żeby filtr nie został przypadkowo zanieczyszczony lub zawilgocony
- włączyć aspirator i ustawić określone natężenie przepływu powietrza
- po wyłączeniu aspiratora zainstalować w głowicy filtr bibułowy
- ponownie włączyć aspirator i sekundnik
- po upływie określonego czasu pomiaru należy wyłączyć aspirator, delikatnie wyjąć filtr i ponownie go zważyć.
- pomiary stężenia zapylenia wykonać trzy razy (do każdego pomiaru zastosować czysty filtr)
- obliczyć stężenie zapylenia i określić jakie czynniki mogą mieć wpływ na dokładność pomiarów.

## 6. Opracowanie wyników

Tabela wyników:

	Masa filtra przed badaniem [g]	Masa filtra po badaniu [g]	Masa pyłu [g]	Natężenie przepływu powietrza [dm <sup>3</sup> /min]	Czas badania [min]	Objętość powietrza przepuszczona podczas badania [m <sup>3</sup> ]	Stężenie zapylenia [mg/m <sup>3</sup> ]
<b>filtr 1</b>							
<b>filtr 2</b>							
<b>filtr 3</b>							

### Przykład obliczeń:

Przed badaniem zważono filtr bibułowy i jego masa wynosiła 0,0123 g. Powietrze było przepuszczane przez aspirator z natężeniem przepływu 40 dm<sup>3</sup>/min. Pomiar trwał 30 minut. Masa filtra po badaniu wynosiła 0,01295 g.

$$m_p = m_{f2} - m_{f1}$$

$m_p$  - masa pyłu

$m_{f1}$  - masa filtra przed badaniem

$m_{f2}$  - masa filtra po badaniu

$$m_p = 0,01295 - 0,0123 = 0,00065 \text{ [g]}$$

Objętość przepuszczonego powietrza podczas badania =  $40 \times 30 = 1200 \text{ dm}^3$

Stężenie zapylenia oblicza się:

$$C_p = \frac{m_p \cdot 1000}{V}, \text{ mg/m}^3$$

$C_p$  - stężenie zapylenia,  $\text{mg/m}^3$

$m_p$  - masa pyłu, g

$V$  - objętość przepuszczonego powietrza podczas badania,  $\text{m}^3$

W tym przypadku stężenie zapylenia wynosi  $0,542 \text{ mg/m}^3$ .

Sprawozdanie z ćwiczenia powinno zawierać:

1. Cel ćwiczenia
2. Schemat blokowy stanowiska
3. Przebieg ćwiczenia
4. Tabelę wyników i opracowanie wyników
5. Wnioski z przeprowadzonego ćwiczenia (określić jakie czynniki mogą mieć wpływ na błąd pomiaru)

Literatura:

J. Juda, „Pomiary zapylenia i technika odpylania”

Zagadnienia na zaliczenie:

1. Źródła zapylenia powietrza
2. Działanie pyłów na organizm człowieka
3. Opisać czynniki decydujące o szkodliwości pyłów
4. Rodzaje pyłomierzy (podział ze względu na zasadę działania)
5. Wyznaczanie stężenia zapylenia za pomocą filtrów mierniczych (przebieg badania, schemat blokowy stanowiska, wnioski z przeprowadzonego badania czyli jakie czynniki mogą decydować o błędach pomiarowych)
6. Obliczanie stężenia zapylenia

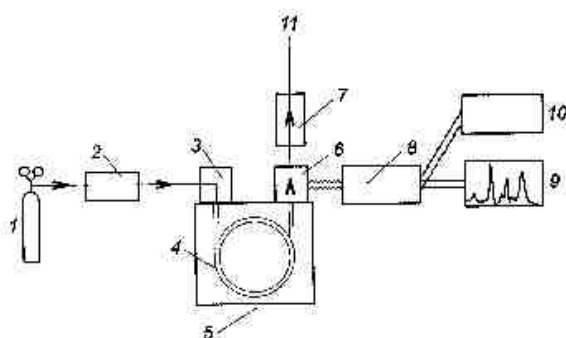
# Określanie składu mieszaniny gazowej i stężeń oznaczonych składników metodą chromatografii gazowej

## 1. Zasada metody

Chromatografia gazowa jest chromatograficzną metodą analityczną wykorzystywaną do rozdziału i analiz złożonych mieszanin związków chemicznych, zwłaszcza lotnych związków organicznych i nieorganicznych. W chromatografii gazowej jako fazę ruchomą wykorzystuje się gaz (najczęściej He lub H<sub>2</sub>, rzadziej N<sub>2</sub> lub Ar). Ten gaz, zwany gazem nośnym przepływa przez najważniejsze elementy chromatografu gazowego: **dozownik**, umieszczoną w termostатовanym piecu **kolumnę** zawierającą fazę nieruchomą (stacjonarną), oraz **detektor**.

Dozownik umożliwia wprowadzenie próbki badanej mieszaniny do strumienia gazu nośnego. W kolumnie zachodzi chromatograficzny rozdział mieszaniny: składniki lżejsze i słabiej oddziałujące z fazą stacjonarną są szybciej unoszone przez gaz nośny niż składniki cięższe i oddziałujące silniej. Poszczególne składniki opuszczające kolumnę trafiają do detektora, który generuje sygnał uzależniony od zmian składu gazu nośnego w czasie analizy, zwany chromatogramem. Liczba, położenie i intensywności maksimów na chromatogramie zawierają informacje o liczbie i właściwościach składników mieszaniny oraz ich zawartościach. Sygnał z detektora jest rejestrowany i przetwarzany przez integrator lub komputerowy system obliczeniowy (*data station*)

## Aparatura



Rys.1. Schemat chromatografu gazowego;

1 - zbiornik, 2 - regulator przepływu gazu,

3 - dozownik, 4 - kolumna, 5 - termostat,

6 - detektor, 7 - przepływomierz,

8 - wzmacniacz, 9 - rejestrator, 10 - integrator, 11 -

wylot gazów

## Dozownik

Dozownik służy do wprowadzania analizowanej próbki do strumienia gazu nośnego. Do wprowadzania próbek ciekłych wykorzystuje się dozowniki wyposażone w elastyczną uszczelkę (*septum*), umożliwiającą wielokrotne wbijanie igły strzykawki chromatograficznej. Do analiz próbek gazowych stosuje się specjalne zawory dozujące. Typ dozownika zależy od rodzaju wykorzystywanej kolumny, a także od rodzaju analizowanych próbek. W przypadku kolumn kapilarnych o małej pojemności często stosuje się dozowniki umożliwiające podział próbki (*split*) i analizę jej małej części (ok. 1 %).

## Kolumny pakowane

Kolumna pakowana to cienka rurka (śr. zewn. 3-6 mm, dł. 2-5 m) wypełniona drobnymi cząstkami ciała stałego, pełniącego rolę fazy stacjonarnej. Najczęściej jest to porowaty polimer organiczny, albo porowaty nośnik pokryty filmem cieczy organicznej o dużej lepkości (np. olejem silikonowym), lub też zeolitowe sita molekularne. Kolumny pakowane są

obecnie zastępowane przez kolumny kapilarne lub kolumny typu PLOT (*porous layer open tubular*).

### **Kolumny kapilarne**

Kolumna kapilarna to bardzo cienka i długa rurka (śr. wewn. 0.15-0.78 mm, dł. 15-60 m) wykonana najczęściej z kwarcu (*fused silica*) lub ze stali nierdzewnej. Wewnętrzne ścianki kolumny pokrywa faza stacjonarna, zwykle jest to cienki film polimeru organicznego albo, w przypadku kolumn typu PLOT, cienka warstwa drobnych cząstek porowatego adsorbentu.

Właściwości analityczne kolumny określa cały szereg parametrów, m.in. długość, średnica rodzaj fazy stacjonarnej, grubość jej filmu. Długość i średnica kolumny wyznaczają zdolność rozdzielczą kolumny. Długie (50-60 m) i cienkie kolumny (śr. wewn. 0.15-0.32 mm) o dużej zdolności rozdzielczej są przeznaczone do dokładnych analiz złożonych mieszanin. Krótsze i grubsze kolumny (15-30 m, śr. wewn. 0,53-0,78 mm) są wykorzystywane do oznaczeń rutynowych lub do analiz mieszanin zawierających mniejszą liczbę składników. Kolumny o większej średnicy umożliwiają stosowanie większych szybkości przepływu gazu nośnego i analizy większych próbek.

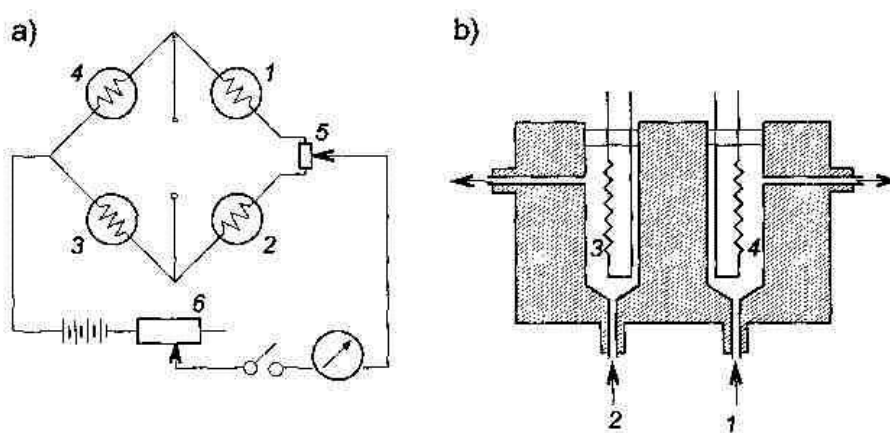
Optymalny typ fazy stacjonarnej jest uzależniony od rodzaju analizowanej mieszaniny, zwłaszcza od temperatur wrzenia oraz polarności jej składników. Wybór fazy stacjonarnej jest dość trudnym zadaniem, pomocą w tym służą publikowane w katalogach kolumn chromatograficznych przykładowe chromatogramy.

### **Detektor TCD – detektor termokonduktometryczny (katarometr)**

Detektor przewodnictwa cieplnego (*TCD - thermal conductivity detector*) jest powszechnie stosowanym detektorem uniwersalnym, umożliwiającym analizy wszystkich substancji (poza gazem nośnym). Jego działanie polega na



porównaniu przewodnictwa cieplnego danego składnika mieszaniny i gazu nośnego. Detektor zawiera ogrzewane elektrycznie włókno (*filament*), które jest omywane przez gaz nośny. Temperatura włókna jest stabilizowana. Obecność składnika mieszaniny w gazie nośnym powoduje zmianę przewodnictwa cieplnego gazu, zatem i zmianę szybkości odprowadzania ciepła z włókna. Układ stabilizujący temperaturę zmienia natężenie prądu płynącego przez włókno odpowiednio do przewodnictwa cieplnego gazu.



Rys. 2. Schemat katarometru. a) Schemat elektryczny mostka Wheatstone'a; 1 i 2 - elementy wzorcowe, 3 i 4 - czujniki, S - potencjometr regulacji zera, 6 - potencjometr regulacji prądu. b) Schemat komórki analitycznej i komórki odniesienia; 1 - strumień gazu odniesienia, 2 - strumień gazu z kolumny, 3 - opornik analityczny, 4 - opornik odniesienia

## Zastosowania

Chromatografia gazowa jest uniwersalną metodą analityczną - umożliwia wykonywanie analiz składu złożonych mieszanin większości związków organicznych, a także wielu związków nieorganicznych, zwłaszcza gazów. Nadaje się do oznaczania trwałych związków o temperaturach wrzenia poniżej ok. 500°C. Ponadto niektóre związki nielotne lub ulegające rozkładowi (np. węglowodany) można za pomocą reakcji chemicznych przeprowadzić w pochodne nadające się do analiz chromatograficznych.

Chromatografia gazowa jest szeroko wykorzystywana w badaniach laboratoryjnych, kontroli jakości oraz sterowaniu procesowym. Najczęściej jest wykorzystywana:

- w ochronie środowiska (m.in. do oznaczania zanieczyszczeń powietrza, wody i gleby - np. węglowodorów ropopochodnych, lotnych związków organicznych i pestycydów)
- w przemyśle spożywczym i kosmetycznym (np. do oznaczania alkoholi, estrów kwasów tłuszczowych, substancji zapachowych)
- w przemyśle chemicznym (do oznaczania zawartości rozpuszczalników i innych związków organicznych, gazów)
- w przemyśle farmaceutycznym oraz analizach medycznych (do analiz leków)
- w przemyśle rafineryjnym i petrochemicznym (do analiz gazu ziemnego, ropy naftowej, benzyny).

## **2. Cel ćwiczenia**

Celem ćwiczenia jest analiza jakościowa i ilościowa składników mieszaniny gazowej metodą wzorca zewnętrznego.

## **3. Przebieg ćwiczenia**

### **3.1. Analiza jakościowa**

Analiza jakościowa ma na celu rozpoznanie gazów wchodzących w skład badanej mieszaniny gazowej. Aby zidentyfikować składniki mieszaniny gazowej należy wprowadzić próbkę do chromatografu gazowego i określić czasy retencji poszczególnych składników próbki.

Czas retencji jest to czas mierzony od wprowadzenia próbki do chromatografu gazowego do zakończenia adsorpcji gazu na kolumnie chromatografu (czyli do pojawienia się maksimum piku na chromatogramie). Czasy retencji składników próbki porównuje się z czasami retencji wzorców.

Dwukrotną analizę próbek i wzorców należy wykonać w takich samych warunkach chromatograficznych na dwóch różnych kolumnach. Jeżeli czas retencji składnika próbki jest taki sam jak czas retencji wzorca, to można uznać, że substancja została zidentyfikowana.

### 3.2. Analiza ilościowa

Analiza ilościowa ma na celu określenie stężeń badanych próbek na podstawie krzywej kalibracyjnej

#### Krzywa kalibracyjna

Aby stworzyć krzywą kalibracyjną należy wprowadzić do kolumny chromatografu znane objętości wzorca, następnie przedstawić na wykresie zależność masy wzorca od powierzchni piku.

#### Pomiar stężenia próbki

Do kolumny chromatografu wprowadza się określoną objętość próbki i odczytuje powierzchnię piku. Za pomocą krzywej kalibracyjnej można na podstawie powierzchni piku badanej próbki określić jej stężenie.

Należy zwrócić uwagę, aby krzywą kalibracyjną i analizę stężenia próbki wykonać w tych samych warunkach chromatograficznych.

## 4. Opracowanie wyników

### 4.1. Krzywa kalibracyjna

#### Tabela wyników

objętość wzorca wprowadzonego na kolumnę <b>V</b> [ml]	objętość wzorca wprowadzonego na kolumnę <b>V</b> [dm <sup>3</sup> ]	masa wzorca <b>m</b> [mg]	Powierzchnia piku <b>A</b>			
			<b>A</b> <sub>1</sub>	<b>A</b> <sub>2</sub>	<b>A</b> <sub>3</sub>	<b>A</b> <sub>śr</sub>
0,2						
0,4						
0,6						
0,8						
1,0						

Masę wzorca obliczyć według wzorów:

$$m = \rho \cdot V, \text{ g}$$

$$\rho_o = \frac{M}{22.4} \text{ [g/dm}^3\text{]}$$

$$\rho = \rho_o \frac{pT_o}{p_oT} \text{ [g/dm}^3\text{]}$$

gdzie:

M - masa cząsteczkowa [g/mol]

p - ciśnienie atmosferyczne [hPa]

p<sub>o</sub> - ciśnienie odniesienia [hPa]

T - temperatura otoczenia [K]

T<sub>o</sub> - temperatura odniesienia [K]

ρ - gęstość metanu [g/dm<sup>3</sup>]

ρ<sub>o</sub> - gęstość metanu w warunkach normalnych [g/dm<sup>3</sup>]

22,4 – objętość gazów w warunkach normalnych [dm<sup>3</sup>/mol]

Należy sporządzić wykres zależności masy wzorca **m** [mg] od powierzchni piku **A<sub>sr</sub>** (typ wykresu punktowy XY, z dodaną linią trendu, równaniem linii trendu i współczynnikiem korelacji)

#### 4.2. Pomiar stężenia próbki

Objętość próbki, ml	Powierzchnia piku A				masa otrzymana z krzywej kalibracyjnej, mg	stężenie substancji, mg/m <sup>3</sup>
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>sr</sub>		

Obliczenie stężenia próbki:

$$C = \frac{m}{V_p \cdot 10^{-6}}, \text{ mg/m}^3$$

C - stężenie substancji

V<sub>p</sub> - objętość próbki wprowadzonej na kolumnę, ml

m - masa próbki otrzymana z krzywej kalibracyjnej, mg

Sprawozdanie z ćwiczenia powinno zawierać:

1. Cel ćwiczenia.
2. Schemat blokowy stanowiska.
3. Przebieg ćwiczenia.
4. Tabelę wyników i opracowanie wyników.

5. Wykres zależności masy wzorca  $m$  [mg] od powierzchni piku  $A_{\text{śr}}$ .
6. Wnioski z przeprowadzonego ćwiczenia (określić jakie czynniki mogą mieć wpływ na błąd pomiaru)

Literatura:

- W. Szczepaniak, „Metody instrumentalne w analizie chemicznej”, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995
- Z. Witkiewicz, *Podstawy chromatografii*, WNT 1995

Zagadnienia na zaliczenie:

1. Zasada metody i schemat chromatografu gazowego
2. Budowa i zasada działania detektora termokonduktometrycznego
3. W jaki sposób zidentyfikować składniki mieszaniny gazowej oraz określić stężenia poszczególnych składników metodą chromatografii gazowej?

# Wzorcowanie analizatora gazów palnych (eksplozometru)

## 1. Podstawowe zagadnienia i definicje

*dolna granica wybuchowości, górna granica wybuchowości, eksplozymetry (rodzaje i zasada działania), wzorcowanie eksplozometru*

## 2. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wzorcowanie eksplozometru, czyli ustalenie zależności między stężeniem wzorcowym a stężeniem mierzonym przez eksplozometr oraz wyznaczenie błędów, z jakim wskazuje aparat.

Gazem wzorcowym jest propan (karta charakterystyki produktu w załączniku 1)

## 3. Budowa stanowiska

- szklane zbiorniki o łącznej objętości 50 dm<sup>3</sup>
- pompka
- 2 zawory trójdrożne
- pipety gazowe o różnej objętości
- przewody
- eksplozometr
- statyw do umocowania pipet gazowych

## 4. Przebieg ćwiczenia

- pipetę gazową napełnić gazem wzorcowym i podłączyć do układu pomiarowego,
- zawory trójdrożne ustawić w takiej pozycji, aby układ pomiarowy był zamknięty,

- odkręcić zawory w pipecie gazowej i jednocześnie włączyć pompkę wymuszająca obieg gazu w układzie,
- odczekać ok. 10 minut, aż gaz wzorcowy z pipety przedostanie się do układu pomiarowego i stężenie tego gazu będzie jednakowe w całym układzie,
- w tym czasie włączyć eksplozometr i przygotować go do pomiaru,
- do jednego zaworu trójdrożnego zbliżyć czujnik eksplozometru
- odkręcić zawory trójdrożne i zmierzyć maksymalne stężenie w układzie za pomocą eksplozometru (drugi zawór trójdrożny służy do wyrównania ciśnienia w układzie podczas pobierania próbki eksplozometrem)
- przepuścić przez eksplozometr czyste powietrze, aż eksplozometr będzie wskazywał 0%,
- oczyścić układ pomiarowy.

Badanie wykonać dla trzech różnych objętości pipet gazowych. Wyniki zebrać w tabeli, obliczyć stężenie gazu wzorcowego w układzie pomiarowym oraz sporządzić wykresy:

- 1) zależności stężenia wzorcowego (obliczonego) od stężenia wskazywanego przez eksplozometr,
- 2) zależności błędu wskazań od stężenia wzorcowego

## 5. Tabela wyników

objętość pipety gazowej $V_x$ , $\text{dm}^3$	objętość układu pomiarowego $V$ , $\text{dm}^3$	stężenie mieszaniny zmierzone $c_{zm}$ , %DGW	
		pomiar 1	pomiar 2
0			
0,125			
0,250			
0,375			

## 6. Opracowanie wyników

stężenie mieszaniny obliczone $c_v$ , %DGW	stężenie mieszaniny zmierzone $c_{zm}$ , % DGW			$\Delta c$
	pomiar 1	pomiar 2	średnia pomiarów	

$$\Delta c = c_{zm} - c_v$$

Stężenie mieszaniny w układzie należy obliczyć ze wzoru:

$$c_v = \left( \frac{V_x}{V} \cdot 100 \right) \cdot \frac{100}{DGW}, \quad \% DGW$$

gdzie:

$c_v$  - stężenie mieszaniny obliczone, % DGW

$V_x$  - objętość pipety gazowej,  $dm^3$

$V$  - objętość układu pomiarowego,  $dm^3$

DGW - dolna granica wybuchowości badanego gazu, % obj. (wg Tabeli 1).

Tabela 1. Dolna granica wybuchowości wybranych gazów

Badany gaz	DGW, % obj.
metan	5,0
propan	2,1
butan	1,6

DGW **mieszaniny gazów** wyznacza się z wzoru:

$$DGW = \frac{100}{\frac{V_1}{DGW_1} + \frac{V_2}{DGW_2}}, \% \text{ obj.}$$

gdzie:

DGW - dolna granica wybuchowości mieszaniny, % obj.

$DGW_1, DGW_2$  - dolna granica wybuchowości składników mieszaniny, % obj.

$V_1, V_2$  - stężenie składników mieszaniny, % obj.



Sprawozdanie z ćwiczenia powinno zawierać:

1. Cel ćwiczenia
2. Schemat blokowy stanowiska
3. Przebieg ćwiczenia
4. Tabelę wyników i ich opracowanie
5. Wykresy:
  - a) zależności stężenia wzorcowego od stężenia wskazywanego przez eksplozometr,
  - b) zależności błędu wskazań od stężenia wzorcowego
6. Wnioski z przeprowadzonego ćwiczenia (jakie czynniki mają wpływ na otrzymane wyniki wzorcowania)

Literatura:

1. „Zapobieganie wybuchom, pożarom i zatruciom w stocznicach, portach i na statkach”, Naczelna Organizacja Techniczna Oddział Wojewódzki w Szczecinie, Szczecin 1985

Zagadnienia na zaliczenie:

1. Definicja dolnej i górnej granicy wybuchowości
2. Budowa i zasada działania eksplozometru z detektorem katalitycznym
3. Rodzaje eksplozometrów
4. Cel wzorcowania, przebieg, schemat blokowy stanowiska
5. W jaki sposób zmierzyć stężenie gazu wybuchowego za pomocą eksplozometru

# Pomiar parametrów powietrza wpływających na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń

## 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest pomiar parametrów powietrza za pomocą stacji meteorologicznej WS-3600 oraz określenie wpływu tych parametrów na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń powietrza.

## 2. Przebieg ćwiczenia

Należy samodzielnie połączyć elementy zestawu wg dołączonej do niego instrukcji oraz dokonać pomiarów wybranych parametrów powietrza. Wyniki i obserwacje zebrać w tabeli.

### STACJA METEOROLOGICZNA WS-3600



### Funkcje urządzenia:

- radiowy zegar DCF,
- czuły na dotyk wyświetlacz z 32 wskaźnikami,
- wskaźnik relatywnego i absolutnego ciśnienia powietrza,
- wskaźnik temperatury odczuwalnej i punktu rosy,
- wskaźnik siły i kierunku wiatru,
- ostrzeżenie przed burzą,
- pamięć wartości minimalnych i maksymalnych,
- wbudowana pamięć dla 1000 wartości,
- przekaz historii zmian wartości pogodowych na komputer przy zastosowaniu dołączonego oprogramowania,
- graficzne przedstawienie wartości poprzez oprogramowanie,

- 5 oddzielnych pamięci opadów,
- wartości minimum i maksimum i alarmu dla opadów,
- częstotliwość radiowa transmisji z czujnika zewnętrznego: 433 MHz.

### **Dane techniczne:**

- zakres pomiaru temperatury wewnętrznej: -9,9...+59,9 °C, zewnętrznej: -40...+59,9 °C,
- rozdzielczość pomiaru temperatury: 0,1 °C,
- dokładność pomiaru temperatury:
  - typowo: +/- 1 °C,
  - maksymalnie: +/- 2 °C,
- zakres pomiaru wilgotności względnej: 1-99 %,
- rozdzielczość pomiaru wilgotności: 1%,
- dokładność pomiaru wilgotności:
  - typowo: +/- 5%,
  - maksymalnie: +/- 10%,
- zakres pomiaru ciśnienia atmosferycznego: 300-1099 hPa,
- rozdzielczość pomiaru ciśnienia atmosferycznego: 0,1 hPa,
- dokładność pomiaru ciśnienia atmosferycznego: 2 hPa,
- zakres pomiaru opadu deszczu: 0...999,9 mm (za 1 godzinę, za 24 godzin), 0...2500 (za tydzień, za miesiąc), 0...9999 (maksymalna pojemność licznika),
- rozdzielczość pomiaru opadu deszczu: 0,5 mm,
- maksymalny zasięg transmisji: 100 m (w wolnej przestrzeni),
- zakres pomiaru prędkości wiatru: 0...180 km/godz (1...50 m/s), bez gwarancji na przetrwanie,
- rozdzielczość pomiaru prędkości wiatru: 0,1 m/s,
- rozdzielczość pomiaru kierunku wiatru: 22,5 °,
- okres odczytu pomiarów z czujników zewnętrznych: co 32 sekundy (wiatr), co 128 sekund (temperatura, wilgotność),
- okres odczytu pomiarów z czujników wewnętrznych: co 20 sekund,
- zasilanie: panel: 3 baterie AA LR6 1,5V, zewnętrzne czujniki: 2 baterie typu C 1,5 V,
- gwarancja 1 rok.

### **Wymiary zewnętrzne:**

- Panel odczytowy: 225 x 155 x 35 mm,
- Zewnętrzny termohigrometr: 136 x 73 x 71,5 mm
- Czujnik opadu deszczu: 140 x 137 x 70 mm
- Czujnik wiatru: 291 x 197 x 60 mm

### **Elementy składowe zestawu:**

- zewnętrzny czujnik kierunku i prędkości wiatru,
- zewnętrzny czujnik temperatury i wilgotności,
- zewnętrzny czujnik opadu deszczu,
- panel odczytowy stacji z wewnętrznym czujnikiem temperatury i wilgotności,
- zasilacz sieciowy panelu,
- kable połączeniowe (w tym kabel do dołączenia panelu stacji do komputera PC),
- oprogramowanie wizualizacyjne do komputera PC (do systemu Windows 98 i nowszych),
- instrukcja obsługi.

Stacja meteorologiczna jest wyposażona w barometr różnicowy, który pozwala na prognozowanie pogody na podstawie znajomości kierunku i szybkości zmian ciśnienia barometrycznego, co może mieć duże praktyczne znaczenie dla osób uprawiających sport lub turystykę. W zależności od wersji urządzenia, otrzymana na podstawie różnicy ciśnień wartość jest wyświetlana numerycznie w hPa/h (hektopaskalach na godzinę) lub w postaci strzałki wskazującej kierunek zmian ciśnienia. Dla przykładu: wartość -2,5 hPa/h informuje o gwałtownym pogorszeniu pogody natomiast +0,3 hPa/h pozwala spodziewać się stopniowej poprawy warunków atmosferycznych. Na tej podstawie przedstawiana jest prognoza pogody za pomocą symboli: słońca, zachmurzenia, deszczu. Prognoza jest ważna na kolejne 12...24 godzin dla obszaru o promieniu 30...50 km.

Barometr różnicowy to dynamiczna prognoza pogody. Sprawdzalność tej prognozy (bazującej tylko na obserwacji zmian ciśnienia) wynosi około 70...75%.

### **Sprawozdanie z ćwiczenia powinno zawierać:**

cel ćwiczenia, przebieg ćwiczenia, tabelę wyników, wnioski z przeprowadzonego ćwiczenia.

Zagadnienia na zaliczenie:

1. Wymienić i zdefiniować mierzone parametry powietrza oraz określić ich wpływ na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń