

# Sprawozdanie

Jakub Kaźmierczyk

2025-06-02

## Spis treści

<b>1</b>	<b>Wprowadzenie</b>	<b>3</b>
1.1	Opis projektu . . . . .	3
1.2	Zmienne . . . . .	3
1.2.1	Zmienna objaśniana . . . . .	3
1.2.2	Zmienne objaśniające . . . . .	3
1.3	Źródła . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Wczytywanie danych</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Podstawowe statystyki</b>	<b>6</b>
3.1	Zmienna objaśniana . . . . .	6
3.2	Zmienne objaśniające . . . . .	6
3.3	Macierze korelacji . . . . .	8
3.3.1	Macierz korelacji przed usunięciem zmiennych . . . . .	8
3.3.2	Macierz korelacji po usunięciu zmiennych . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Identyfikacja niestacjonarnych zmiennych objaśniających</b>	<b>10</b>
4.1	Sprawdzenie niestacjonarności zmiennych . . . . .	10
4.2	Usunięcie niestacjonarności . . . . .	11
4.3	Ponowne sprawdzenie niestacjonarności zmiennych . . . . .	14
4.4	Sprawdzenie korelacji po usunięciu niestacjonarności . . . . .	15
4.5	Usunięcie zmiennych o zerowej wariancji . . . . .	15
4.5.1	Przed usunięciem . . . . .	15
4.5.2	Po usunięciu . . . . .	16

---

<b>5</b>	<b>Metoda doboru zmiennych</b>	<b>17</b>
5.1	Metoda Hellwiga . . . . .	17
<b>6</b>	<b>Tworzenie modelu ekonometrycznego</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>Niby TEST</b>	<b>20</b>
7.1	Testowanie normalności rozkładu reszt . . . . .	20
7.1.1	Test Shapiro-Wilka . . . . .	20
7.1.2	Test Jarque-Bera . . . . .	20
7.1.3	Wykresy normalności . . . . .	21
7.2	Testowanie autokorelacji . . . . .	21
7.2.1	Test Durbina-Watsona . . . . .	21
7.2.2	Test Ljunga-Boxa . . . . .	22
7.2.3	Test Breuscha-Godfrey . . . . .	22
7.2.4	Wykres autokorelacji . . . . .	23
7.2.5	Model ARMA na resztach + diagnostyka . . . . .	23
7.2.6	Diagnostyka reszt modelu ARMA . . . . .	24
7.2.7	Test Ljunga-Boxa dla reszt ARMA . . . . .	25
7.3	Badanie heteroskedastyczności . . . . .	25
7.3.1	Test Breuscha-Pagana . . . . .	25
7.3.2	Test White . . . . .	25
7.3.3	Test Goldfelda-Quandta . . . . .	25
7.3.4	Wykresy heteroskedastyczności . . . . .	26
7.4	Testowanie współliniowości . . . . .	26
7.4.1	Test VIF . . . . .	26
7.5	Testowanie stabilności parametrów . . . . .	27
7.5.1	Test Chowa . . . . .	27
7.5.2	Test CUSUM . . . . .	28
7.6	Testowanie stabilności postaci analitycznej . . . . .	28
7.6.1	Test RESET Ramsey . . . . .	28
7.6.2	Test liczby serii (runs test) . . . . .	29
7.7	Badanie efektu katalizy . . . . .	29
7.7.1	Test F . . . . .	29
7.8	Badanie koincydencji . . . . .	30
7.8.1	Porównanie $R^2$ . . . . .	30

---

<b>8</b>	<b>Podsumowanie wyników</b>	<b>31</b>
8.0.1	TESTUWENCJA . . . . .	32
8.1	OCENA ISTOTNOŚCI ZMIENNYCH . . . . .	32
8.1.1	Test t-Studenta dla poszczególnych parametrów . . . . .	32
8.1.2	Test Walda (test łącznej istotności) . . . . .	34
8.2	OCENA WSPÓŁCZYNNIKA DETERMINACJI . . . . .	35
8.2.1	WSPÓŁCZYNNIKI DETERMINACJI $R^2$ . . . . .	35
8.3	INTERPRETACJA PARAMETRÓW MODELU . . . . .	36
8.4	PODSUMOWANIE OGÓLNE . . . . .	37

# 1 Wprowadzenie

## 1.1 Opis projektu

Projekt ma na celu budowę kompleksowego modelu ekonometrycznego służącego do analizy i prognozowania rentowności 10-letnich polskich obligacji skarbowych. Model zostanie zbudowany na podstawie szeregów czasowych, co umożliwi głębszą analizę dynamicznych zależności ekonomicznych.

## 1.2 Zmienne

### 1.2.1 Zmienna objaśniana

**CLOSE** - rentowność 10-letnich polskich obligacji skarbowych

### 1.2.2 Zmienne objaśniające

**10YDEBOND** - rentowność 10-letnich niemieckich obligacji skarbowych

**10YUSBOND** - rentowność 10-letnich amerykańskich obligacji skarbowych

**DETAL** - sprzedaż detaliczna miesiąc do miesiąca

**XAUUSD** - cena złota w dolarze amerykańskim

**S&P500** - ETF 500 największych notowanych na giełdzie amerykańskich spółek

**PMI** - wskaźnik aktywności przemysłowej

**WIG20** - 20 największych notowanych na giełdzie polskich spółek

---

**OIL** - cena ropy naftowej za baryłkę

**UNEMPLOYMENT** - stopa bezrobocia w Polsce

**USDPLN** - kurs dolara amerykańskiego wyrażony w złotych

**INFLATION** - inflacja rok do roku

**WIBOR** - referencyjna stopa procentowa dla polskiego rynku międzybankowego

### **1.3 Źródła**

[www.stooq.com](http://www.stooq.com)

---

## 2 Wczytywanie danych

Dane pochodzą ze strony [www.stooq.com](http://www.stooq.com). Zawierają dane dotyczące zmiennych od czerwca 1999 do czerwca 2025, w interwale miesięcznym

```
data_all <- read_excel("data.xlsx")
data_all <- data_all[, -c(1, 3, 4)]

data_all[] <- lapply(data_all, function(col) {
  na.approx(col, na.rm = FALSE)
})

n <- nrow(data_all)
train_size <- floor(0.8 * n)

data <- data_all[1:train_size, , drop = FALSE]
data_test <- data_all[(train_size + 1):n, , drop = FALSE]

Y <- data["CLOSE"]
X <- data[, !names(data) %in% "CLOSE", drop = FALSE]
```

---

## 3 Podstawowe statystyki

### 3.1 Zmienna objaśniana

```
##      CLOSE
##  Min.    : 1.843
##  1st Qu.: 3.457
##  Median : 5.495
##  Mean    : 5.610
##  3rd Qu.: 6.269
##  Max.    :13.288
```

Mediana rentowności 10-letnich polskich obligacji wynosi około 5,495 %, podczas gdy średnia to 5,610 %. Różnica mediana–średnia (5,495 vs 5,610) wskazuje niewielką prawą skośność rozkładu.

Minimalna zaobserwowana wartość to 1,843 %, a maksymalna aż 13,288 %. Zakres rozpiętości (13,288 – 1,843 = 11,445 punktu procentowego) jest stosunkowo szeroki, co sugeruje, że w okresie badanym zdarzały się uderzeniowe wahania rentowności.

Pierwszy kwartył (3,457 %) i trzeci kwartył (6,269 %) pokazują, że połowa obserwacji mieści się w zakresie od 3,457 % do 6,269 %. To oznacza, że większość wartości koncentruje się wokół poziomu 5 %–6 %.

### 3.2 Zmienne objaśniające

```
##      INFLATION      10YUSBOND      XAUUSD      USDPLN
##  Min.    :-0.01600  Min.    :1.455  Min.    : 255.8  Min.    :2.060
##  1st Qu.: 0.01000  1st Qu.:2.337  1st Qu.: 416.2  1st Qu.:3.084
##  Median : 0.02250  Median :3.385  Median :1024.5  Median :3.509
##  Mean    : 0.02711  Mean    :3.461  Mean    : 921.2  Mean    :3.476
##  3rd Qu.: 0.04000  3rd Qu.:4.480  3rd Qu.:1292.5  3rd Qu.:3.910
##  Max.    : 0.11600  Max.    :6.667  Max.    :1825.3  Max.    :4.644
##
##      WIBOR      10YDEBOND      WIG20      S&P500
##  Min.    : 1.560  Min.    :-0.7010  Min.    :1023  Min.    : 735.1
##  1st Qu.: 2.062  1st Qu.: 0.7907  1st Qu.:1789  1st Qu.:1154.7
```

---

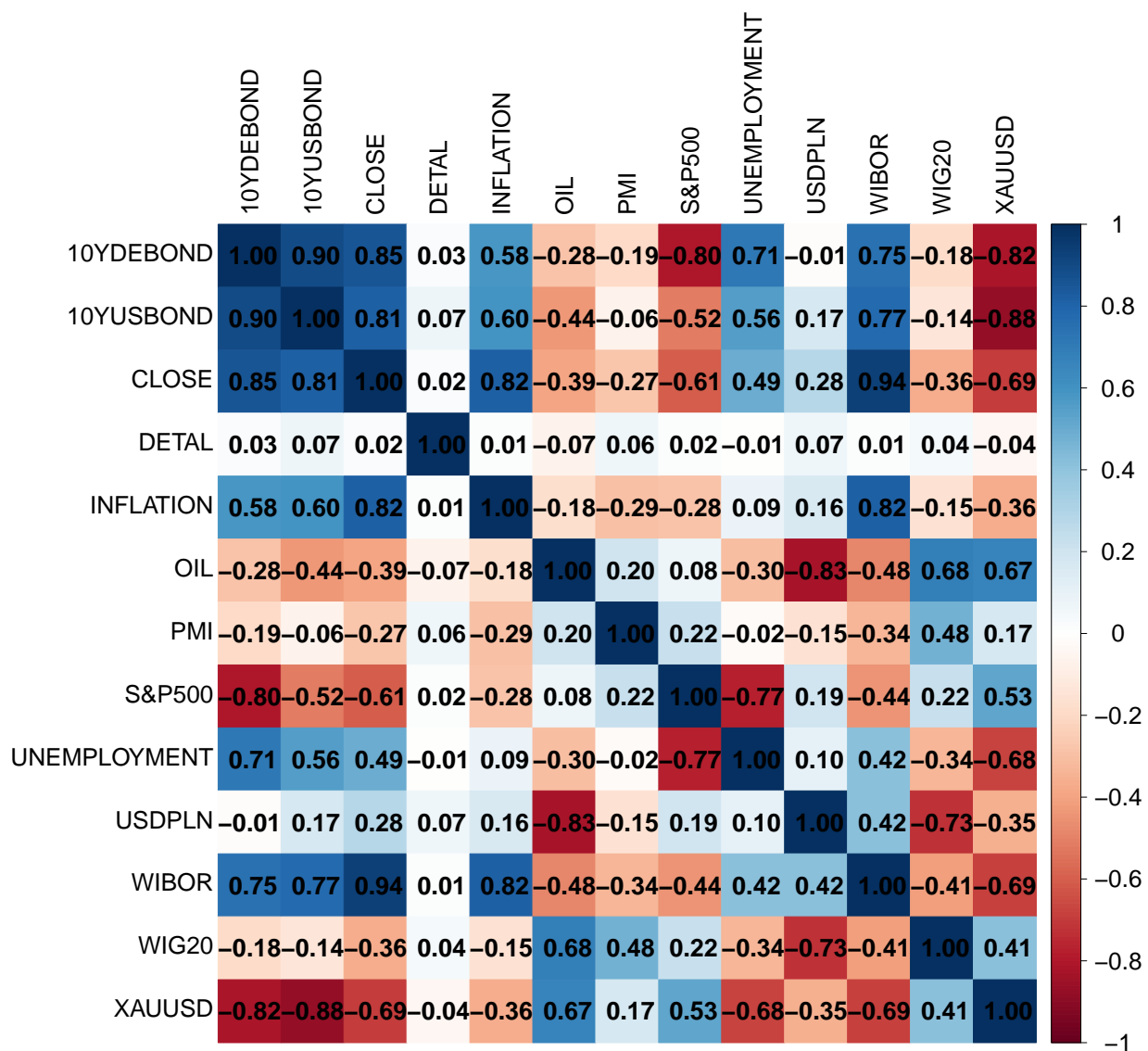
```

## Median : 4.175   Median : 3.1740   Median :2268   Median :1366.2
## Mean    : 5.572   Mean    : 2.6779   Mean    :2182   Mean    :1578.4
## 3rd Qu.: 6.143   3rd Qu.: 4.1895   3rd Qu.:2462   3rd Qu.:1972.2
## Max.    :20.520   Max.    : 5.5390   Max.    :3878   Max.    :3230.8
##
## UNEMPLOYMENT      PMI          DETAL          OIL
## Min.    :0.0500   Min.    :38.30   Min.    : -10.7000   Min.    : 18.57
## 1st Qu.:0.1030   1st Qu.:48.38   1st Qu.: -0.5000   1st Qu.: 37.32
## Median :0.1245   Median :51.15   Median :  0.5000   Median : 58.28
## Mean    :0.1288   Mean    :50.58   Mean    :  0.5221   Mean    : 60.99
## 3rd Qu.:0.1590   3rd Qu.:53.20   3rd Qu.:  1.5000   3rd Qu.: 80.75
## Max.    :0.2070   Max.    :56.90   Max.    : 10.8000   Max.    :140.00
##
##                               NA's    :8

```

### 3.3 Macierze korelacji

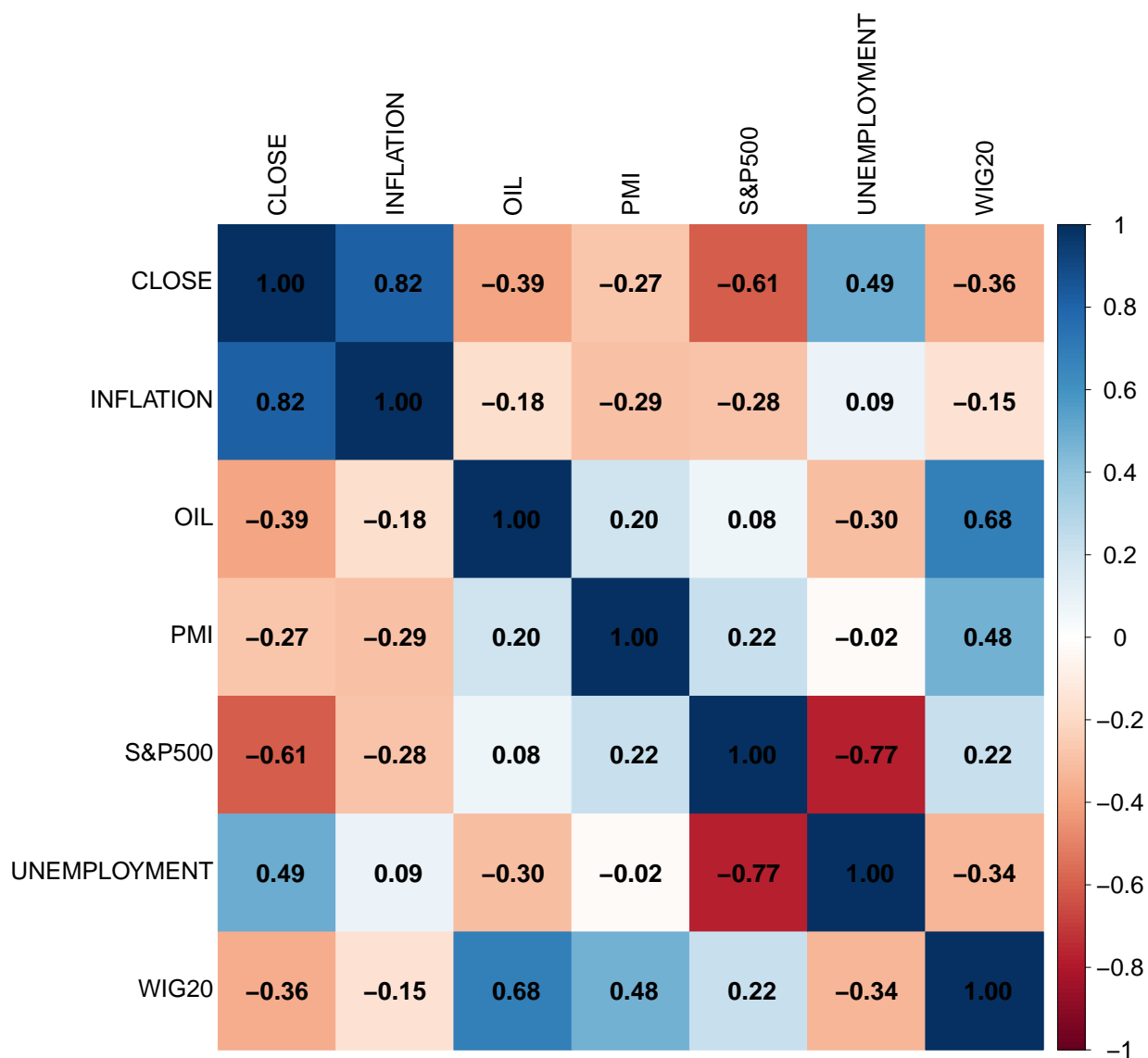
#### 3.3.1 Macierz korelacji przed usunięciem zmiennych



Z 11 zmiennych objaśniających wybrałem 7, których wartość bezwzględna korelacji nie przekracza 0.8.  
INTERPRACJA WYNIKOW do zmiany



### 3.3.2 Macierz korelacji po usunięciu zmiennych



---

## 4 Identyfikacja niestacjonarnych zmiennych objaśniających

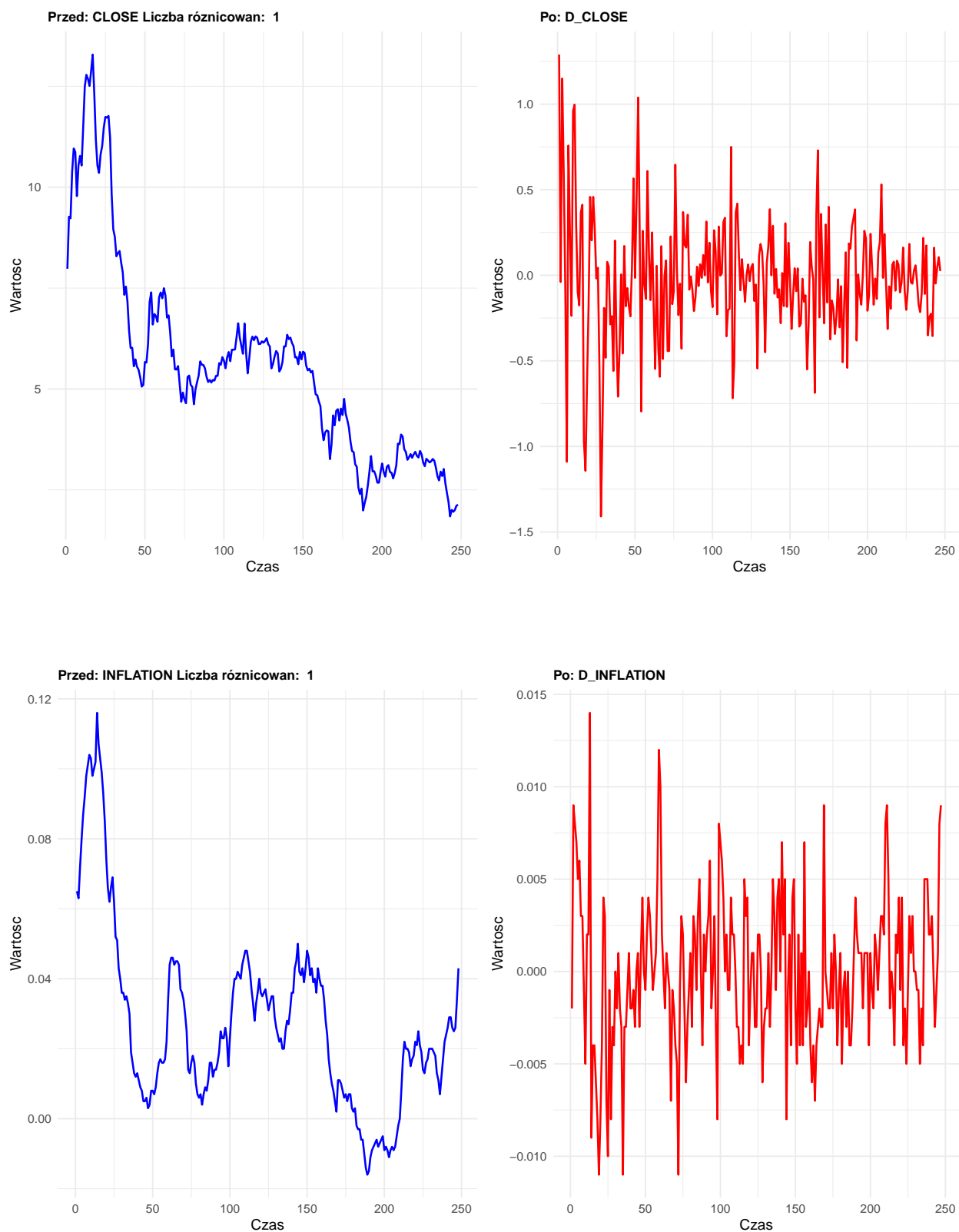
### 4.1 Sprawdzenie niestacjonarności zmiennych

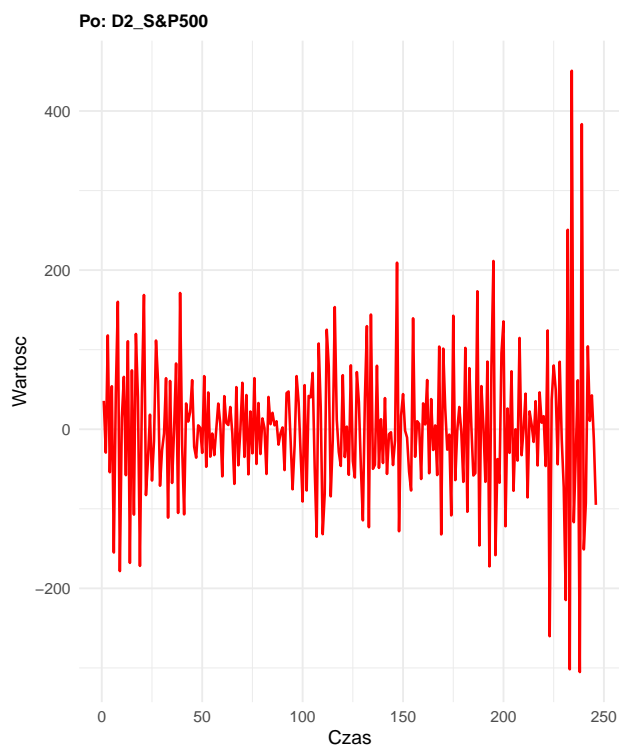
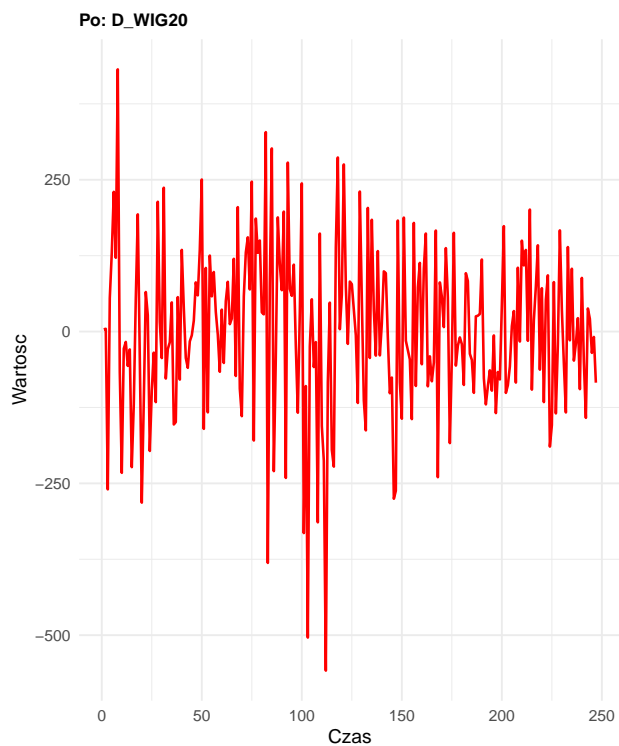
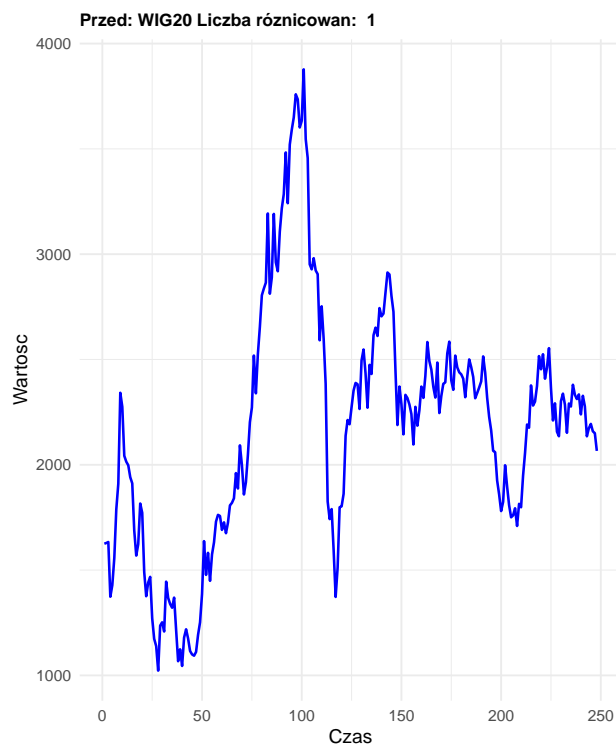
Zmienna	Stacjonarnosc
CLOSE	Niestacjonarna
INFLATION	Niestacjonarna
WIG20	Niestacjonarna
S&P500	Niestacjonarna
UNEMPLOYMENT	Niestacjonarna
PMI	Niestacjonarna
OIL	Niestacjonarna

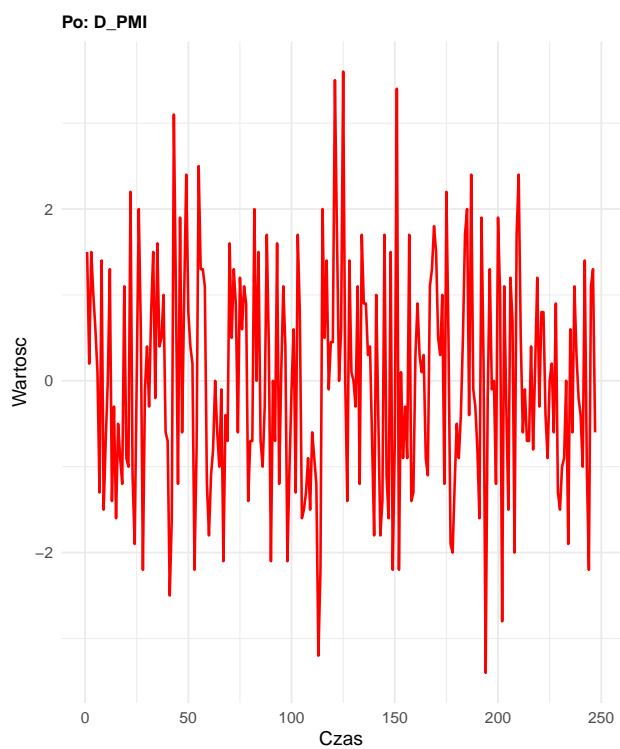
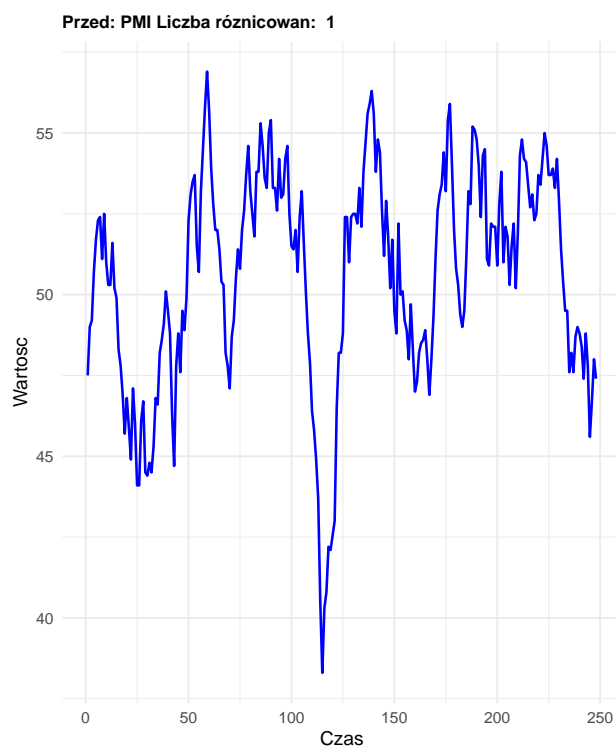
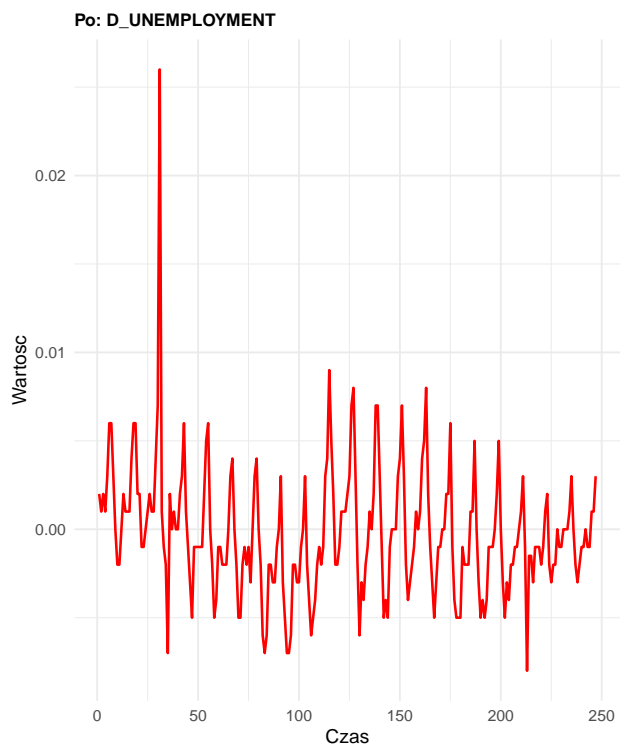
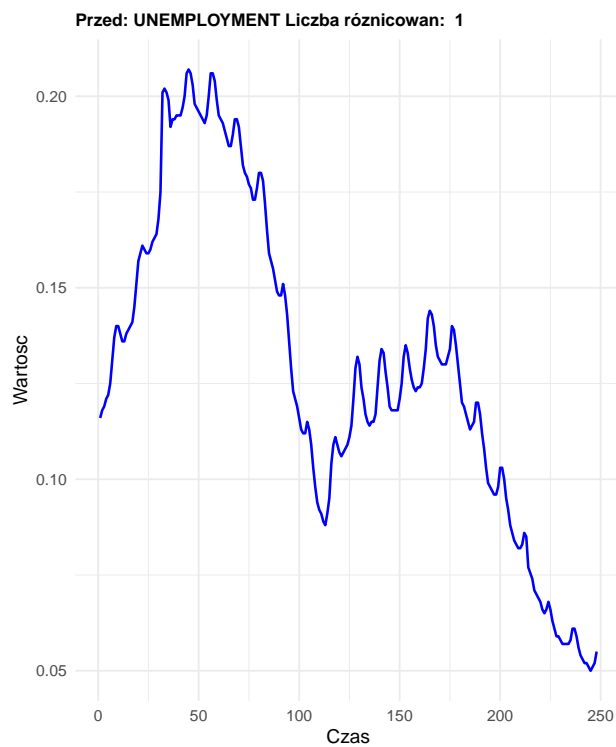
Wszystkie zmienne w pierwotnej postaci (zarówno CLOSE, jak i 6 zmiennych objaśniających: INFLATION, WIG20, S&P500, UNEMPLOYMENT, PMI, OIL) okazały się niestacjonarne (wyniki testów ADF wskazywały  $p\text{-value} > 0,05$  lub wartość statystyki testowej wyższa od wartości krytycznej; KPSS  $p\text{-value} < 0,05$ ).

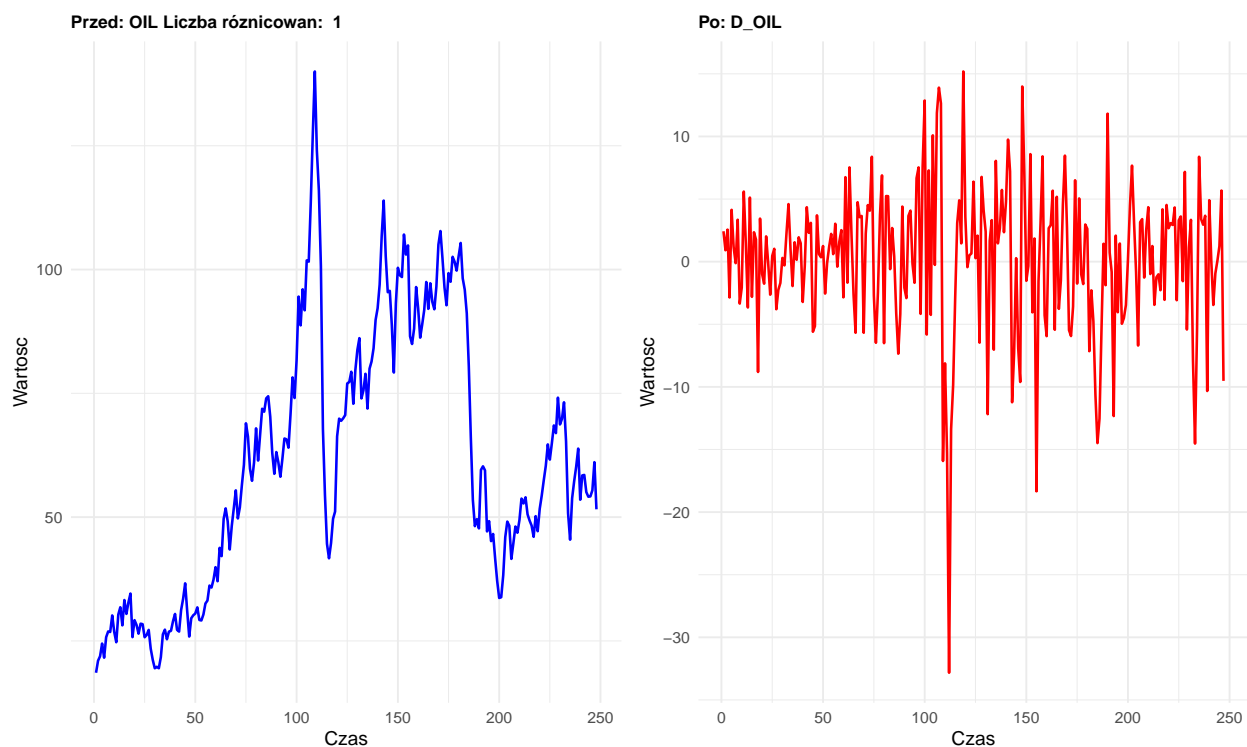
Oznacza to, że w danych występuje wspólny trend lub efekt niestacjonarności, co skłania do zastosowania różnicowania, by usunąć jednostkowe pierwiastki i otrzymać procesy stacjonarne

## 4.2 Usunięcie niestacjonarności









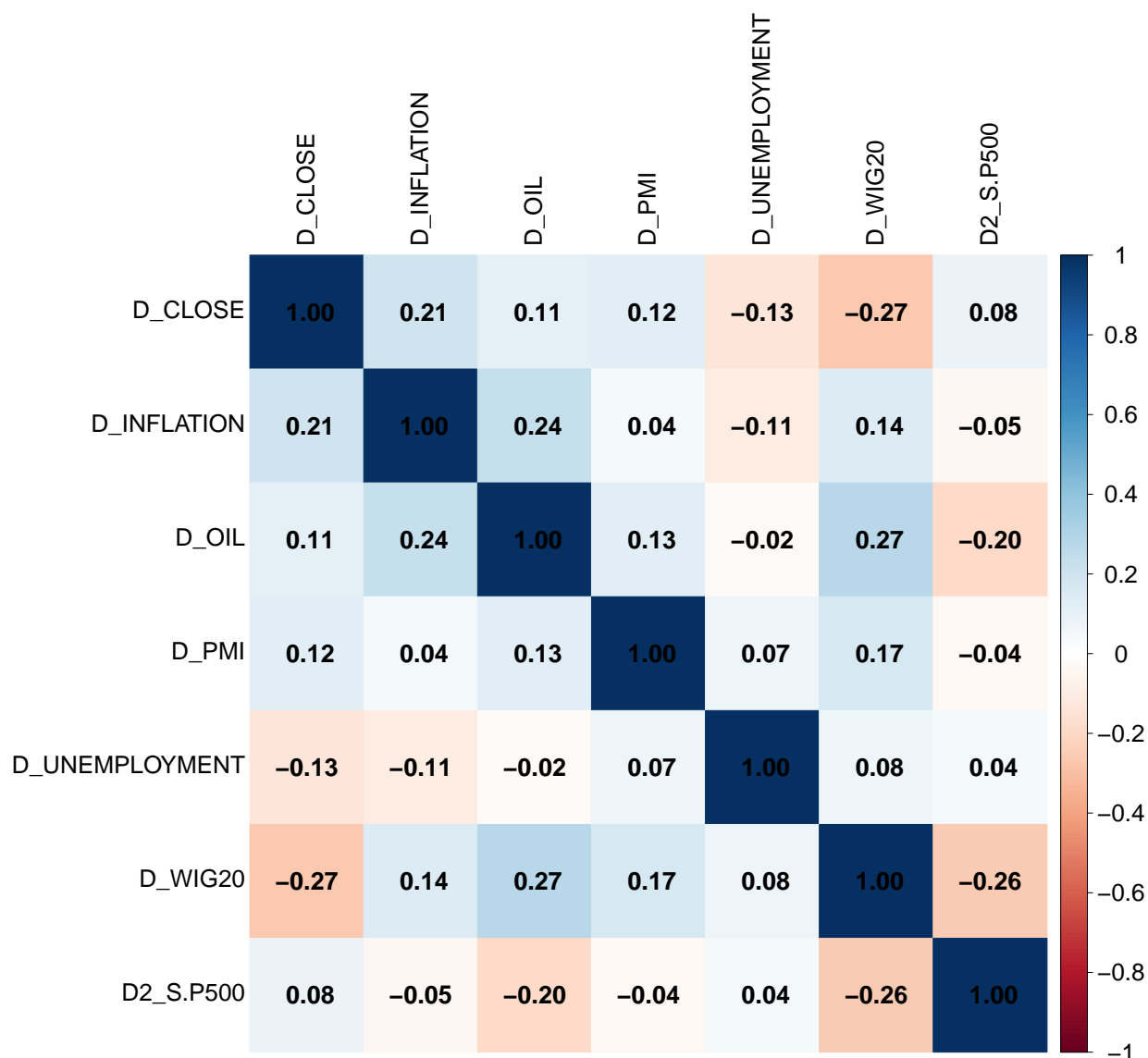
#### 4.3 Ponowne sprawdzenie niestacjonarności zmiennych

Zmienna	Stacjonarnosc
D_CLOSE	Stacjonarna
D_INFLATION	Stacjonarna
D_WIG20	Stacjonarna
D2_S.P500	Stacjonarna
D_UNEMPLOYMENT	Stacjonarna
D_PMI	Stacjonarna
D_OIL	Stacjonarna

Wszystkie zmienne przekształcone do postaci różnicowej (D\_CLOSE, D\_INFLATION, D\_WIG20, D2\_S.P500, D\_UNEMPLOYMENT, D\_PMI, D\_OIL) okazały się stacjonarne (test AD-Fuller zakończył się odrzuceniem hipotezy o istnieniu pierwiastka jednostkowego, a test KPSS nie wskazał na niestacjonarność).

Oznacza to, że proces różnicowania był wystarczający – w dalszej części modelu możemy bezpiecznie użyć tych stacjonarnych serii jako zmiennych w regresji liniowej.

## 4.4 Sprawdzenie korelacji po usunięciu niestacjonarności



## 4.5 Usunięcie zmiennych o zerowej wariancji

### 4.5.1 Przed usunięciem

D\_CLOSE - Współczynnik zmienności: -1479.303 %, Wariancja: 0.1246856

D\_INFLATION - Współczynnik zmienności: -3197.226 %, Wariancja: 1.623303e-05

D\_WIG20 - Współczynnik zmienności: 6463.945 %, Wariancja: 19022.24

---

D2\_S.P500 - Współczynnik zmienności: 57653.87 %, Wariancja: 8239.136  
D\_UNEMPLOYMENT - Współczynnik zmienności: -1377.121 %, Wariancja: 1.283612e-05  
D\_PMI - Współczynnik zmienności: 63313.66 %, Wariancja: 1.656016  
D\_OIL - Współczynnik zmienności: 3422.796 %, Wariancja: 35.01729

Z uwagi na bardzo niską wariancję D\_UNEMPLOYMENT i D\_INFLATION zdecydowałem się usunąć te zmienne, bo nie wnoszą istotnej zmienności do zestawu predyktorów.

#### **4.5.2 Po usunięciu**

D\_CLOSE - Współczynnik zmienności: -1479.303 %, Wariancja: 0.1246856  
D\_WIG20 - Współczynnik zmienności: 6463.945 %, Wariancja: 19022.24  
D2\_S.P500 - Współczynnik zmienności: 57653.87 %, Wariancja: 8239.136  
D\_PMI - Współczynnik zmienności: 63313.66 %, Wariancja: 1.656016  
D\_OIL - Współczynnik zmienności: 3422.796 %, Wariancja: 35.01729



---

## 5 Metoda doboru zmiennych

### 5.1 Metoda Hellwiga

DLACZEGO HELLWIG?

Zmienne składowe w najlepszej kombinacji:

D\_WIG20

D\_PMI

Pojemność Hellwiga dla tej kombinacji: 0.0741

Pojemność Hellwiga dla tej kombinacji wynosi 0,0741. Oznacza to, że te dwie zmienne razem wyjaśniają około 7,41 % wariancji zmiennej D\_CLOSE.

---

## 6 Tworzenie modelu ekonometrycznego

```
formula_modelu <- reformulate(best_hellwig_vars, response = "D_CLOSE")

model <- lm(formula_modelu, data = data_stationary)

print(summary(model))
```

Call:

```
lm(formula = formula_modelu, data = data_stationary)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.11908	-0.17652	0.00157	0.18322	1.24395

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-0.0223369	0.0214357	-1.042	0.29843
D_WIG20	-0.0007637	0.0001581	-4.831	2.41e-06 ***
D_PMI	0.0474273	0.0169430	2.799	0.00553 **

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3362 on 243 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1011, Adjusted R-squared: 0.09367

F-statistic: 13.66 on 2 and 243 DF, p-value: 2.388e-06

Statystyka  $F = 13,66$  ( $df = 2$  i  $243$ ),  $p\text{-value} \approx 2,388 \times 10^{-6}$ . Oznacza to, że jako całość model jest istotny statystycznie – przynajmniej jedna ze zmiennych objaśniających przyczynia się do wyjaśnienia zmienności  $D\_CLOSE$

R-kwadrat:  $0,1011 \rightarrow$  model wyjaśnia tylko około 10,11 % zmienności zmiennej  $D\_CLOSE$ . Po

---

skorygowaniu  $R^2_{adj} = 0,0937$ . Tę wartość można uznać za dosyć niską (model w obecnej formie jest słaby), co sugeruje, że istnieje wiele innych czynników wpływających na zmiany rentowności obligacji, których nie uwzględniono.

---

## 7 Niby TEST

### 7.1 Testowanie normalności rozkładu reszt

## TEORIA: Testy normalności sprawdzają czy reszty mają rozkład normalny.

## H0: Reszty mają rozkład normalny

## H1: Reszty nie mają rozkładu normalnego

## Poziom istotności:  $\alpha = 0.05$

#### 7.1.1 Test Shapiro-Wilka

## Statystyka W = 0.9708

## p-value = 1e-04

## Wniosek: Odrzucamy H0 - reszty nie są normalne

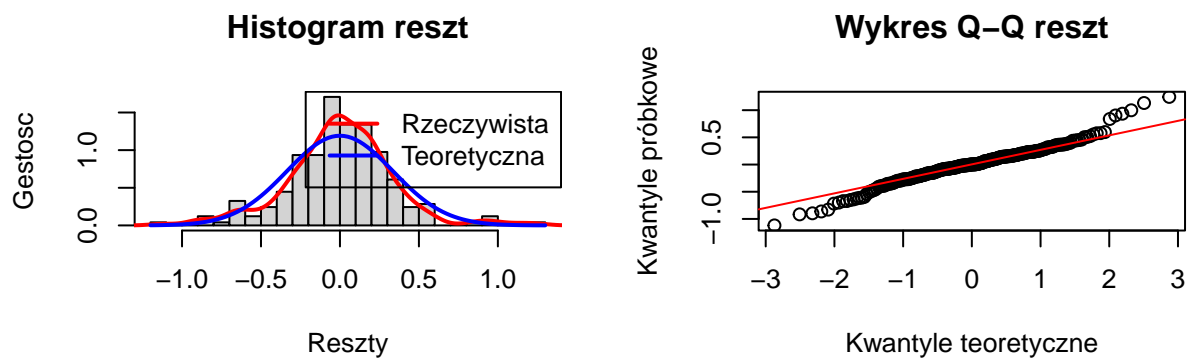
#### 7.1.2 Test Jarque-Bera

## Statystyka JB = 32.1918

## p-value = 0

## Wniosek: Odrzucamy H0 - reszty nie są normalne

### 7.1.3 Wykresy normalności



## 7.2 Testowanie autokorelacji

## TEORIA: Autokorelacja oznacza korelację między resztami w różnych okresach.

## H0: Brak autokorelacji reszt

## H1: Występuje autokorelacja reszt

### 7.2.1 Test Durbina-Watsona

## 1. TEST DURBINA-WATSONA:

## Statystyka DW = 1.5647

## p-value = 0

---

## Wniosek: Odrzucamy  $H_0$  - występuje autokorelacja

### 7.2.2 Test Ljunga-Boxa

## 2. TEST LJUNGA-BOXA:

## Statystyka LB = 29.5133

## p-value = 0.001

## Wniosek: Odrzucamy  $H_0$  - występuje autokorelacja

### 7.2.3 Test Breuscha-Godfrey

## 3. TEST BREUSCHA-GODFREYA:

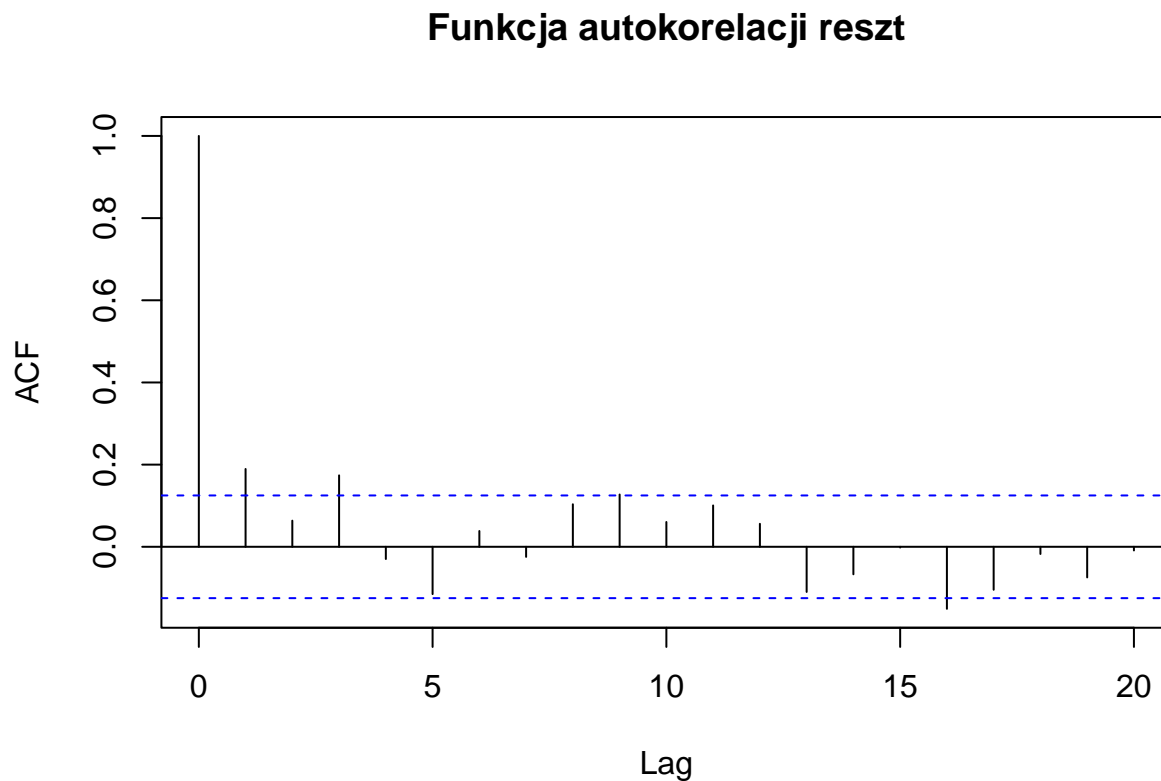
## Statystyka LM = 9.0383

## p-value = 0.0109

## Wniosek: Odrzucamy  $H_0$  - występuje autokorelacja

---

## 7.2.4 Wykres autokorelacji



## 7.2.5 Model ARMA na resztach + diagnostyka

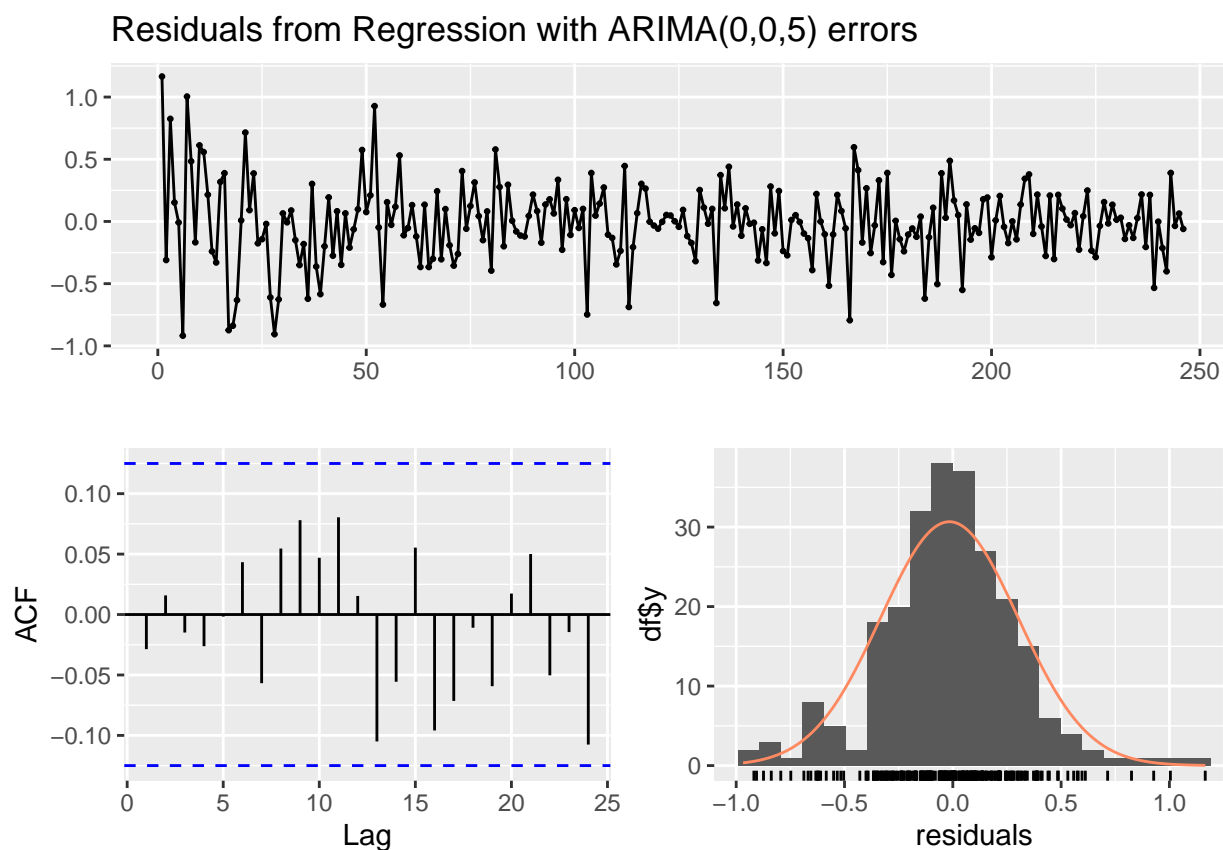
```
##
## MODEL ARIMAX (Hellwig - STAŁY):

## Series: D_log_CLOSE_ts
## Regression with ARIMA(0,0,5) errors
##
## Coefficients:
##          ma1      ma2      ma3      ma4      ma5  D_log_WIG20_ts  D_PMI_ts
##          0.2251  0.0511  0.2294  0.0527 -0.1324          -9e-04    0.0376
## s.e.    0.0658  0.0674  0.0660  0.0711  0.0637           2e-04    0.0160
##
## sigma^2 = 0.1036:  log likelihood = -66.77
```

```
## AIC=149.54   AICc=150.15   BIC=177.58
##
## Training set error measures:
##
##           ME      RMSE      MAE MPE MAPE      MASE      ACF1
## Training set -0.01567814 0.3172228 0.2323899 NaN  Inf 0.6952683 -0.02863169
```

## 7.2.6 Diagnostyka reszt modelu ARMA

```
## WYKRES I TESTY DLA RESZT MODEL ARMA:
```



```
##
## Ljung-Box test
##
## data: Residuals from Regression with ARIMA(0,0,5) errors
## Q* = 4.6989, df = 5, p-value = 0.4537
##
```



---

## Model df: 5. Total lags used: 10

### 7.2.7 Test Ljunga-Boxa dla reszt ARMA

## TEST LJUNGA-BOXA (reszty ARIMAX):

## Statystyka = 6.4406

## p-value = 0.8923

## Wniosek: Brak autokorelacji reszt po ARIMAX (SPEŁNIONE)

## 7.3 Badanie heteroskedastyczności

## TEORIA: Heteroskedastyczność oznacza niestałą wariancję składnika losowego.

## H0: Homoskedastyczność (stała wariancja)

## H1: Heteroskedastyczność (niestała wariancja)

### 7.3.1 Test Breuscha-Pagana

## 1. TEST BREUSCHA-PAGANA:

## Statystyka BP = 0.0703

## p-value = 0.9655

## Wniosek: Nie ma podstaw do odrzucenia H0 - homoskedastyczność

### 7.3.2 Test White

### 7.3.3 Test Goldfelda-Quandt

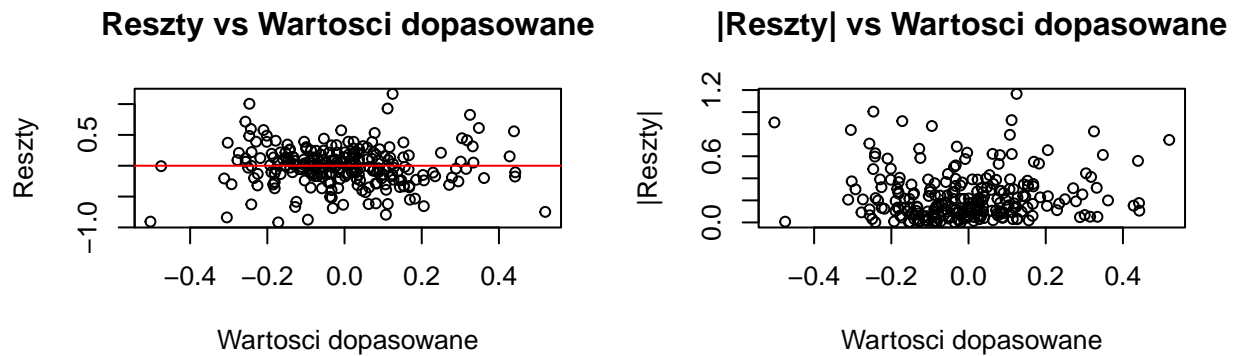
## Statystyka GQ = 1.0178

## p-value = 0.4616

## Wniosek: Nie ma podstaw do odrzucenia H0 - homoskedastyczność

---

### 7.3.4 Wykresy heteroskedastyczności



## 7.4 Testowanie współliniowości

### 7.4.1 Test VIF

## TEORIA: Współliniowość oznacza wysoką korelację między zmiennymi objaśniającymi.

##  $VIF > 10$ : poważna współliniowość

##  $VIF > 5$ : umiarkowana współliniowość

##  $VIF < 5$ : brak problemów ze współliniowością

## WSPÓŁCZYNNIKI VIF:

## D\_WIG20 : 1.031 - OK

## D\_PMI : 1.031 - OK

---

##

## WNIOSEK: Brak problemów ze współliniowością

## 7.5 Testowanie stabilności parametrów

### 7.5.1 Test Chowa

## TEORIA: Test Chowa sprawdza czy parametry modelu są stabilne w czasie.

## H0: Parametry są stabilne (brak przełomu strukturalnego)

## H1: Parametry nie są stabilne (występuje przełom strukturalny)

## TEST CHOWA (punkt przełomu w obserwacji 123 ):

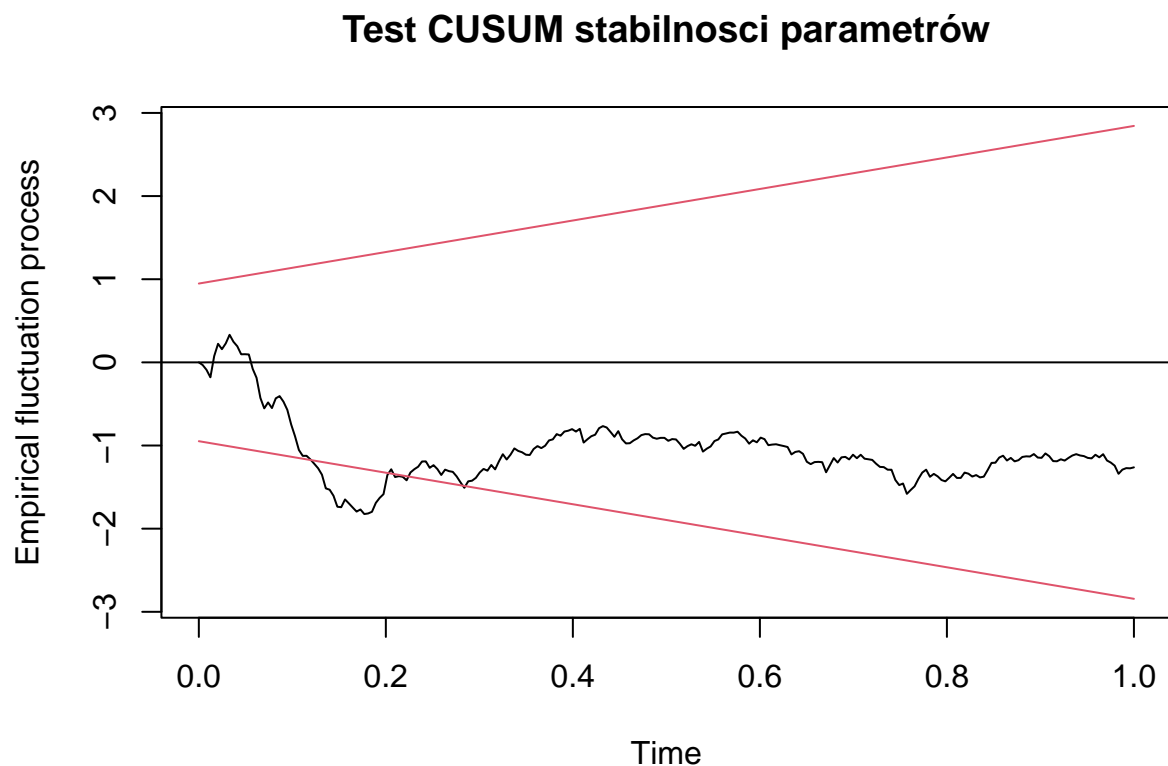
## Statystyka  $F = 2.7874$

##  $p\text{-value} = 0.0414$

## Wniosek: Odrzucamy H0 - brak stabilności parametrów

---

### 7.5.2 Test CUSUM



## 7.6 Testowanie stabilności postaci analitycznej

### 7.6.1 Test RESET Ramseya

## TEORIA: Test RESET sprawdza czy postać funkcyjna modelu jest poprawna.

## H0: Model ma poprawną postać funkcyjną

## H1: Model ma niepoprawną postać funkcyjną

## 1. TEST RESET RAMSEYA:

## Statystyka F = 0.2853

## p-value = 0.7521

## Wniosek: Nie ma podstaw do odrzucenia H0 - poprawna postać modelu

---

## 7.6.2 Test liczby serii (runs test)

## TEORIA: Test sprawdza czy reszty są losowo rozłożone.

## H0: Reszty są losowo rozłożone

## H1: Reszty wykazują systematyczne wzorce

## Statystyka = 1.5745

## p-value = 0.1154

## Wniosek: Nie ma podstaw do odrzucenia H0 - reszty są losowe

## 7.7 Badanie efektu katalizy

### 7.7.1 Test F

## TEORIA: Efekt katalizy - jedna zmienna wpływa na siłę oddziaływania innej.

## Sprawdzamy czy interakcje między zmiennymi są istotne.

## TEST F DLA INTERAKCJI:

## Statystyka F = 4.218

## p-value = 0.0411

## Wniosek: Występuje istotny efekt katalizy

## WSPÓŁCZYNNIKI INTERAKCJI:

## D\_WIG20:D\_PMI : p-value = 0.0411 \*\*\*

---

## 7.8 Badanie koïncydencji

### 7.8.1 Porównanie $R^2$

## TEORIA: Koïncydencja - zmienna objaœniaj¹ca ma wp³yw jedynie w okreœlonych okresach.

## Sprawdzamy stabilnoœæ parametrów w róŹnych podokresach.

## ANALIZA STABILNOœCI PARAMETRÓW W PODOKRESACH:

## Współczynniki determinacji:

## Okres 1 (obs. 1- 82 ):  $R^2 = 0.1769$

## Okres 2 (obs. 83 - 164 ):  $R^2 = 0.1655$

## Okres 3 (obs. 165 - 246 ):  $R^2 = 0.008$

## PORÓWNIANIE PARAMETRÓW W PODOKRESACH:

## Parametr (Intercept) :

## Okres 1: -0.0164

## Okres 2: -0.0184

## Okres 3: -0.0234

##

## Parametr D\_WIG20 :

## Okres 1: -0.0014

## Okres 2: -6e-04

## Okres 3: -2e-04

## \*\*\* MOŹLIWA KOÏNCYDENCJA - duŹe róŹnice miêdzy okresami \*\*\*

##

## Parametr D\_PMI :

## Okres 1: 0.1141

## Okres 2: 0.0231

## Okres 3: 0.0101

## \*\*\* MOŹLIWA KOÏNCYDENCJA - duŹe róŹnice miêdzy okresami \*\*\*

---

## 8 Podsumowanie wyników

## WYNIKI TESTÓW DIAGNOSTYCZNYCH:

##

## Box-Ljung test

##

## data: residuals(model\_arimax)

## X-squared = 6.4406, df = 12, p-value = 0.8923

##		Test	Statystyka	p_value	Wynik
## 1	Normalność (Jarque-Bera)	32.192	0	NIESPEŁNIONE	
## 2	Autokorelacja (Ljung-Box)	6.441	0.892	SPEŁNIONE	
## 3	Heteroskedastyczność (Breusch-Pagan)	0.070	0.965	SPEŁNIONE	
## 4	Współliniowość (max VIF)	1.031	N/A	SPEŁNIONE	
## 5	Stabilność (Chow)	2.787	0.041	NIESPEŁNIONE	
## 6	Postać modelu (RESET)	0.285	0.752	SPEŁNIONE	

##

## === OGÓLNA OCENA MODELU ===

## Spełnione założenia: 4 / 6

## Niespełnione założenia: 2 / 6

## MODEL SPEŁNIA WIĘKSZOŚĆ ZAŁOŻEŃ - wymagane drobne korekty

##

## === REKOMENDACJE ===

## • Rozważ transformację zmiennych (logarytmowanie) ze względu na brak normalności reszt

## • Rozważ model ze zmiennymi strukturalnymi ze względu na niestabilność parametrów

---

```
##
## =====
```

```
## KONIEC WERYFIKACJI MODELU
```

```
## =====
```

### 8.0.1 TESTUWENCJA

## 8.1 OCENA ISTOTNOŚCI ZMIENNYCH

### 8.1.1 Test t-Studenta dla poszczególnych parametrów

```
## H0:  $\beta_1 = 0$  (parametr nie jest istotny statystycznie)
```

```
## H1:  $\beta_1 \neq 0$  (parametr jest istotny statystycznie)
```

```
## Poziom istotności:  $\alpha = 0.05$ 
```

```
##
```

```
## Call:
```

```
## lm(formula = formula_modelu, data = data_stationary)
```

```
##
```

```
## Residuals:
```

```
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -1.11908 -0.17652  0.00157  0.18322  1.24395
```

```
##
```

```
## Coefficients:
```

```
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) -0.0223369  0.0214357  -1.042  0.29843
## D_WIG20      -0.0007637  0.0001581  -4.831 2.41e-06 ***
## D_PMI         0.0474273  0.0169430   2.799  0.00553 **
```

```
## ---
```

```
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```



---

```
##
## Residual standard error: 0.3362 on 243 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.1011, Adjusted R-squared:  0.09367
## F-statistic: 13.66 on 2 and 243 DF,  p-value: 2.388e-06

##
## TABELA WYNIKÓW TESTÓW t-STUDENTA:

## =====

## Zmienna: (Intercept)
## Współczynnik: -0.022337
## Błąd standardowy: 0.021436
## Statystyka t: -1.042
## p-value: 0.2984
## Istotność:
## Wniosek: PARAMETR NIEISTOTNY STATYSTYCZNIE
## Zmienna: D_WIG20
## Współczynnik: -0.000764
## Błąd standardowy: 0.000158
## Statystyka t: -4.8307
## p-value: < 0.001
## Istotność: ***
## Wniosek: PARAMETR ISTOTNY STATYSTYCZNIE
## Zmienna: D_PMI
## Współczynnik: 0.047427
## Błąd standardowy: 0.016943
## Statystyka t: 2.7992
## p-value: 0.0055
## Istotność: **
## Wniosek: PARAMETR ISTOTNY STATYSTYCZNIE
```

---

### 8.1.2 Test Walda (test łącznej istotności)

```
##
## 1.2 TEST WALDA (ŁĄCZNA ISTOTNOŚĆ ZMIENNYCH)

## -----

## H0:  $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$  (wszystkie parametry strukturalne równe zero)

## H1: co najmniej jeden  $\beta_i \neq 0$ 

## Poziom istotności:  $\alpha = 0.05$ 

## WYNIKI TESTU WALDA (Test F):

## Statystyka F: 13.66

## Stopnie swobody: 2 i 243

## p-value: < 0.001

## Wniosek: ODRZUCAMY H0 - model jako całość jest istotny statystycznie

## ALTERNATYWNY TEST WALDA (linearHypothesis):
##
## Linear hypothesis test:
## D_WIG20 = 0
## D_PMI = 0
##
## Model 1: restricted model
## Model 2: D_CLOSE ~ D_WIG20 + D_PMI
##
##
```

	Res.Df	RSS	Df	Sum of Sq	F	Pr(>F)
## 1	245	30.548				
## 2	243	27.461	2	3.0873	13.66	2.388e-06 ***

```
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

---

## 8.2 OCENA WSPÓŁCZYNNIKA DETERMINACJI

### 8.2.1 WSPÓŁCZYNNIKI DETERMINACJI $R^2$

## WSPÓŁCZYNNIKI DETERMINACJI:

## -----

##  $R^2$  (współczynnik determinacji): 0.1011

##  $R^2_{adj}$  (skorygowany współczynnik determinacji): 0.0937

## Liczba obserwacji: 246

## Liczba parametrów: 3

## Stopnie swobody: 243

## INTERPRETACJA  $R^2$ :

## -----

## Model wyjaśnia 10.11 % zmienności zmiennej D\_CLOSE

## Po skorygowaniu o liczbę zmiennych: 9.37 %

## OCENA JAKOŚCI MODELU: SŁABY MODEL

## DODATKOWE STATYSTYKI:

## -----

## Standardowy błąd reszt: 0.336165

## SST (całkowita suma kwadratów): 30.548

## SSR (suma kwadratów regresji): 3.0873

## SSE (suma kwadratów reszt): 27.4606

## Sprawdzenie:  $SST = SSR + SSE = 30.548$

---

### 8.3 INTERPRETACJA PARAMETRÓW MODELU

```
## =====

## 3. INTERPRETACJA PARAMETRÓW MODELU

## =====

## OSTATECZNA POSTAĆ MODELU:

## -----

##  $D\_CLOSE = -0.022337 - 0.000764 \times D\_WIG20 + 0.047427 \times D\_PMI +$ 

## INTERPRETACJA PARAMETRÓW:

## -----

## PARAMETR: (Intercept)
## Wartość: -0.022337
## Istotność statystyczna: NIEISTOTNY (p = 0.2984 )
## Interpretacja: Wyraz wolny - średnia wartość D_CLOSE gdy wszystkie
##             zmienne objaśniające przyjmują wartość zero.
## Kierunek wpływu: UJEMNY
## Siła oddziaływania: SILNA
## -----
##
## PARAMETR: D_WIG20
## Wartość: -0.000764
## Istotność statystyczna: ISTOTNY (p = 0 )
## Interpretacja: Wzrost indeksu WIG20 o 1 punkt (w ujęciu pierwszej różnicy)
##             powoduje spadek rentowności obligacji o 0.000764 p.p., ceteris paribus.
## Uzasadnienie: Relacja między rynkiem akcji a rynkiem obligacji -
##             przepływ kapitału między rynkami.
```

---

```
## Kierunek wpływu: UJEMNY
## Siła oddziaływania: SŁABA
## -----
##
## PARAMETR: D_PMI
## Wartość: 0.047427
## Istotność statystyczna: ISTOTNY (p = 0.0055 )
## Interpretacja: Wzrost wskaźnika PMI o 1 p.p. (w ujęciu pierwszej różnicy)
##           powoduje wzrost rentowności obligacji o 0.047427 p.p., ceteris paribus.
## Uzasadnienie: PMI odzwierciedla aktywność przemysłową - wzrost może
##           sygnalizować ożywienie gospodarcze i oczekiwania wyższych stóp.
## Kierunek wpływu: DODATNI
## Siła oddziaływania: SILNA
## -----
```

## 8.4 PODSUMOWANIE OGÓLNE

```
## STATYSTYKI OGÓLNE:
```

```
## -----
```

```
## Liczba parametrów istotnych statystycznie: 2 / 3
```

```
## Procent wyjaśnionej zmienności: 10.11 %
```

```
## Jakość dopasowania: SŁABY MODEL
```

```
## Istotność modelu jako całości: ISTOTNY
```

```
## WNIOSKI:
```

```
## -----
```

```
## Model jako całość jest istotny statystycznie
```

---

## Model wykazuje słabe dopasowanie

## Większość parametrów jest istotna statystycznie

##

## REKOMENDACJE:

## -----

## • Rozważ usunięcie nieistotnych zmiennych z modelu

## • Rozważ dodanie dodatkowych zmiennych objaśniających

## • Sprawdź czy nie pominięto istotnych zmiennych

## • Przeprowadź testy diagnostyczne (normalność, autokorelacja, heteroskedastyczność)

## • Sprawdź stabilność parametrów w czasie