

## PRICE SENSITIVITY ON THE GLOBAL WHEAT MARKET

### WRAŻLIWOŚĆ CEN NA ŚWIATOWYM RYNKU PSZENICY

WIESŁAW ŁOPACIUK  
WŁODZIMIERZ REMBISZ

**Citation:** Łopaciuk, W., & Rembisz, W. (2024). Price Sensitivity on the Global Wheat Market / Wrażliwość cen na światowym rynku pszenicy. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej / Problems of Agricultural Economics*, 380(3), 66–89. <https://doi.org/10.30858/zer/190894>

#### Abstract

*This article concerns the issue of price sensitivity on the global wheat market, understood as the ratio of the change in prices to the change in the volume of harvests and stocks as supply variables. This sensitivity was investigated using a model approach, applying it to the market as a whole and to exporting and importing countries. To capture the essence of this sensitivity, a simplifying assumption was made about demand as an a priori given variable. The results of the study indicate that with large amplitudes of changes in both the volume of harvests and stocks as well as price levels, the level of price sensitivity, i.e., how prices react in percentage terms to a 1% change in harvests and stocks, is relatively low. At the same time, this sensitivity is greater for harvests than for stocks. The aim of the study is to present general trends in the price sensitivity coefficient. The period of empirical analysis covers almost 60 years. The results of the study are of both cognitive and utilitarian significance, in particular for methods of prediction and forecasting of the market situation and for agricultural policy formulation. It is also a politically important issue at the moment.*

**Keywords:** price sensitivity, market microeconomics, wheat market, price changes.

**JEL codes:** Q02, Q11, O13.

#### Abstrakt

*W artykule odniesiono się do kwestii wrażliwości cen na światowym rynku pszenicy, rozumianej jako stosunek zmiany poziomu ceny do zmiany wielkości zbiorów i zapasów (zmiennych podaży). Wrażliwość cen zbadano na podstawie podejścia modelowego, odnosząc do całego rynku i do krajów eksporterskich oraz importerskich. Dla uchwycenia istoty tej wrażliwości przyjęto upraszczające założenie o popycie jako zmiennej danej z góry. Wyniki przeprowadzonego badania wskazują, że przy dużych amplitudach zarówno zmian wielkości zbiorów i zapasów, jak i poziomów cen wrażliwość cen, tj. ich procentowa reakcja na jednoprocentową zmianę zbiorów i zapasów, jest jednak stosunkowo niewielka, przy czym*

Wiesław Łopaciuk, PhD, Institute of Agricultural and Food Economics National Research Institute, Department of Agricultural Markets and Quantitative Methods; ul. Świętokrzyska 20, 00-002 Warsaw, Poland ([wieslaw.lopaciuk@ierigz.waw.pl](mailto:wieslaw.lopaciuk@ierigz.waw.pl)).

<https://orcid.org/0000-0003-2848-1312>

Włodzimierz Rembisz, PhD, DSc, ProfTit, Institute of Agricultural and Food Economics National Research Institute, Department of Agricultural Markets and Quantitative Methods; ul. Świętokrzyska 20, 00-002 Warsaw, Poland

([wrembisz@gmail.com](mailto:wrembisz@gmail.com)). <https://orcid.org/0000-0001-9941-3398>

*tak ujęta wrażliwość jest większa dla zbiorów niż zapasów. W badaniu ważne jest przedstawienie ogólnych tendencji odnośnie do współczynnika wrażliwości cenowej. Okres analizy empirycznej obejmuje prawie 60 lat. Zdefiniowanie tego zagadnienia ma zarówno znaczenie poznawcze, jak i utylitarne, w szczególności dla metod predykcji oraz prognozowania sytuacji rynkowej i dla polityki rolnej. Jest to też aktualnie ważna kwestia w polityce.*

**Słowa kluczowe:** wrażliwość cen, mikroekonomia rynku, rynek pszenicy, zmiany cen.

**Kody JEL:** Q02, Q11, O13.

### Research question

The overall objective of the analysis is to present the problem of the sensitivity of the price of a product to changes in the volume of supply and its components. Sensitivity is the ratio of a 1 percent change in the price to a 1 percent change in the volume of supply. The analysis concerns the world wheat market with a breakdown by exporters and importers.<sup>1</sup> This can be useful in analyzing and forecasting the situation in this market, or determining the profitability of wheat production in regional and local terms and in the process of formulating agricultural policy. In the wheat market, whether domestic or global, there is always the question, relevant to producers, exporters, importers and politicians alike, of how the price will react to changes in the volume of supply and its components. In particular, this can be narrowed down to the question of how the price reacts to the size of the harvest, and how it reacts to changes in the level of wheat stocks.<sup>2</sup> This is the question addressed in this article. No hypothesis has been defined other than the question of how changes in the size of harvests and stocks affect the price of wheat on the world market for this product. In order to initially present the issue of the sensitivity of the price of wheat to changes in the volume of supply (changes in the size of harvests and stocks), a description is given of the links between the price and the size of harvests and stocks. Then, in order to calculate this coefficient, the links between the rate of change in the price and the rate of change in the size of harvests and stocks were determined. The study is preliminary in nature. It has a cognitive but also an applied message. It provides some basis for possibly predicting changes in the price in response to projected changes in wheat harvests and stocks.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> The criterion was the balance of trade (or more precisely, the deficit/surplus) of foreign trade in wheat in volume terms.

<sup>2</sup> It is also possible to pose the broadening question of whether changes in the level of wheat prices are due to a greater extent to the volume of the harvest, the level of stocks or the total supply. This question was not analyzed in this article, and the issue of causality was not addressed.

<sup>3</sup> This requires an additional approach using appropriate predictions, which can be the subject of a separate study.

### Problem badawczy

Celem ogólnym analizy jest przedstawienie problemu wrażliwości poziomu cen produktu na zmiany wielkości podaży i jej składników. Wrażliwość to stosunek procentowej zmiany poziomu ceny do jednoprocentowej zmiany wielkości podaży. Analiza odnosi się do światowego rynku pszenicy z uwzględnieniem podziału na eksporterów oraz importerów<sup>1</sup>. Może to być przydatne w analizie i prognozowaniu sytuacji na tym rynku, czy określeniu opłacalności produkcji pszenicy w ujęciach regionalno-lokalnych oraz w procesie formułowania polityki rolnej. Na rynku pszenicy, czy to krajowym czy światowym, zawsze powstaje pytanie, istotne zarówno dla producentów, eksporterów, importerów oraz polityków, jak zareaguje cena na zmiany wielkości podaży i jej składników. W szczególności można to zawęzić do pytania o to, jak reaguje poziom cen na wielkość zbiorów, a jak na zmiany poziomu zapasów pszenicy<sup>2</sup>. To jest przedmiotem niniejszego artykułu. Nie została postawiona określona hipoteza poza pytaniem o wpływ zmian wielkości zbiorów i zapasów na poziom cen pszenicy na rynku światowym tego produktu. Aby wstępnie przedstawić problem wrażliwości poziomu cen pszenicy na zmiany wielkości jej podaży (zmiany wielkości zbiorów oraz zapasów), wskazano powiązania między poziomem cen a wielkością zbiorów i zapasów. Następnie w celu wyliczenia tego współczynnika określono powiązania między tempem zmian poziomu cen i tempem zmian wielkości zbiorów oraz zapasów. Badanie ma charakter wstępny. Ma ono przesłanie poznawcze, ale też aplikacyjne. Daje pewne podstawy do ewentualnego antycypowania zmian poziomu cen w reakcji na prognozowane zmiany zbiorów i zapasów pszenicy<sup>3</sup>. Jest to ważne dla polityki rolnej np. w zakresie ewentualnej

<sup>1</sup> Za kryterium przyjęto saldo obrotów (a ściślej rzecz biorąc, wielkość deficytu/nadwyżki) handlu zagranicznego pszenicą w ujęciu ilościowym.

<sup>2</sup> Można też postawić roszszerzające i pogłębiające pytanie, z czym bardziej są związane zmiany poziomu cen pszenicy, czy z wielkością zbiorów, poziomem zapasów, czy łącznej podaży. Tej kwestii w artykule nie analizowano, nie ujmując kwestii przyczynowości.

<sup>3</sup> To wymaga dodatkowego podejścia z wykorzystaniem odpowiednich predykcji, co może być przedmiotem osobnego opracowania.

This has implications for agricultural policy, for example, in terms of possible market intervention. This article uses the term “linkage,” not “relationship” or “dependence,” because it merely compares graphs with empirical data, supplemented by the analysis of correlation coefficients, without examining causality. Nor was the use of specific functions of price versus harvest or stocks in a possible econometric model. The analysis was conducted only with respect to the analytical and formal (mechanistic) model. The most important issue addressed in this article is price sensitivity using the example of wheat.

### Literature review

The issue of sensitivity of agricultural prices to changes in supply factors, including harvests and stocks, has not received much attention in literature, especially empirically. This is a difficult task for empirical estimation. There is much more work concerned with determining the response of supply volumes (harvests) to changes in the price both *ex post* and *ex ante*. Meanwhile, the problem of predicting the price response to the volume and changes in supply is of fundamental importance for both agricultural producers and agricultural policy. This has been pointed out by Peters and Hallet, writing about the issue of price responsiveness to the volume of supply and deriving the coefficient of price flexibility as the quotient of the percentage change in price to the percentage change in the volume of supply (Peters, 1969). However, the problem and significance of the sensitivity (flexibility) of agricultural prices has appeared in many publications (e.g., Tomek & Meyers, 1993; Waugh, 1990; Wescott & Hoffman, 1999; Working, 1949), which were mainly concerned with defining the relationship between supply, demand, foreign trade turnover, stocks, and prices in cash and futures markets. More recently, similar issues have been addressed for instance by Anderson (2010) and Peeters et al. (2009). However, these works have mostly focused on analyzing the factors shaping the prices of agricultural products, including wheat in world markets (Baffes & Hanriotis, 2010; Enghiad et al., 2017) and on analyzing price volatility in the face of observed development trends, or determining the significance (strength) of the influence of individual factors on prices (Janzen et al., 2016).

### Theoretical model and methodological basis

For the purpose of the study, assumptions were made in the form of analytical relationships derived by the author from market regularities. The price is

interwencji rynkowej. W artykule występuje pojęcie „powiązanie”, a nie „związek” czy „zależność”, bo jedynie porównano wykresy z danymi empirycznymi, uzupełniając o analizę współczynników korelacji, nie badając przyczynowości. Nie wykorzystano też określonych funkcji ceny względem wielkości zbiorów czy zapasów w ewentualnym modelu ekonometrycznym. Analizę prowadzono jedynie w odniesieniu do modelu analityczno-formalnego (mechanicznego). Najważniejszym przesłaniem artykułu jest zasygnalizowanie problemu wrażliwości poziomu cen na przykładzie pszenicy.

### Przegląd literatury

W literaturze przedmiotu kwestia wrażliwości cen produktów rolnych na zmiany czynników podażowych, w tym zbiorów i zapasów, nie była przedmiotem szczególnej uwagi, zwłaszcza w ujęciu empirycznym. Jest to trudne zadanie dla estymacji empirycznej. Zdecydowanie więcej prac dotyczy określania reakcji wielkości podaży (zbiorów) na zmiany poziomu cen zarówno w ujęciu *ex post*, jak i *ex ante*. Tymczasem problem antycypowania reakcji ceny na wielkość i zmiany podaży ma podstawowe znaczenie zarówno dla producentów rolnych, jak i dla polityki rolnej. Zwracali już na to uwagę Peters i Hallet, pisząc o kwestii reakcji ceny na wielkość podaży i wyprowadzając współczynnik giętkości cen jako iloraz procentowej zmiany ceny do procentowej zmiany wielkości podaży (Peters, 1969). Problem i znaczenie wrażliwości (giętkości) cen produktów rolnych pojawiał się jednak w wielu publikacjach (np. Tomek i Meyers, 1993; Waugh, 1990; Wescott i Hoffman, 1999; Working, 1949), które dotyczyły głównie zdefiniowania zależności pomiędzy podażą, popytem, obrotami handlu zagranicznego, zapasami a cenami na rynkach gotówkowych i terminowych. Ostatnio podobną problematyką zajmowali się, między innymi, Anderson (2010) oraz Peeters i in. (2009). Prace te w większości jednak koncentrowały się na analizie czynników kształtujących ceny produktów rolnych, w tym pszenicy na światowych rynkach (Baffes i Hanriotis, 2010; Enghiad i in., 2017) oraz na analizie zmienności cen wobec obserwowanych trendów rozwojowych, czy też określeniu wagi (siły) wpływu poszczególnych czynników na ceny (Janzen i in., 2016).

### Model teoretyczny i podstawy metodyczne

Dla osiągnięcia celu badania przyjęto założenia w postaci wyprowadzonych autorsko zależności analitycznych wynikających z prawidłowości rynku.



the explanatory variable, and harvest volume and stock volume are the explanatory variables. The same applies to changes in the price and changes in harvest and stock volume. The starting point is to assume the following ratio, from which the price at a given time ( $t$ ) can be determined as follows:

$$p_y = \frac{d_y}{h_y} \text{ and / oraz } p_y = \frac{d_y}{s_y} \text{ with / przy: } d_y > 0 ; h_y > 0 ; s_y > 0 \quad (1)$$

where:

$p_y$  – the wheat price at time ( $t$ );  
 $d_y$  – the volume of demand for wheat at time ( $t$ )  
 as a given variable (constant);  
 $h_y$  – the volume of the harvest;  
 $s_y$  – volume of stocks at time ( $t$ ).

The value of equations (1) affects changes in the price of wheat. If the values increase, that is, the ratio of demand to harvest/supply increases, then the price increases. In the opposite situation: if the values of the quotients decrease, that is, the constraints are more on the demand side, and the supply increases, then the price falls.<sup>4</sup> These relationships were verified for the surveyed period for the world market and by group of importer and exporter countries. The analysis was carried out on the basis of Figures 1–9, presented in the empirical part of this article. According to equation (1), demand is not analyzed, taking this variable as a given. This is relevant to the question posed in the article of the sensitivity of the price to changes in harvest and stock volumes, since the analysis was carried out with a given demand constraint.

Directly approaching the issue of price sensitivity means determining changes over time in the relationships included in equation (1). For this purpose, incremental quantities are included in the following formula:

$$p_y + \Delta p_y = \frac{d_y + \Delta d_y}{h_y + \Delta h_y} \text{ and / oraz } p_y + \Delta p_y = \frac{d_y + \Delta d_y}{s_y + \Delta s_y} \quad (2)$$

Changes in the price were analyzed at different values of increments (changes): volume of demand  $\Delta d_y$ ; increment (changes) of harvest volume  $\Delta h_y$ ; and increment (changes) in stock levels:  $\Delta s_y$  (at:  $d_y > 0$ ;  $h_y > 0$ ,  $s_y > 0$ ), the time subscript ( $t$ ) is omitted. The formal conclusion is that changes in the price can take different values ( $0$ ;  $< 0$ ;  $> 0$ ).

<sup>4</sup> Changes in the value of equations (1) occur faster in a relatively closed market, such as the domestic market, than in an open market, i.e., the world market, but on a different scale this market is also closed.

Poziom ceny jest zmienną objaśnianą, a wielkość zbiorów i wielkość zapasów to zmienne objaśniające. To samo dotyczy zmian poziomu ceny i zmian wielkości zbiorów i zapasów. Punktem wyjścia jest przyjęcie założenia, że występuje następująca zależność, na podstawie której można określić poziom ceny w danym czasie ( $t$ ):

gdzie:

$p_y$  – poziom ceny pszenicy w czasie ( $t$ );  
 $d_y$  – wielkość popytu na pszenicę w czasie ( $t$ ) jako zmienna dana (stała);  
 $h_y$  – wielkość zbiorów;  
 $s_y$  – wielkość zapasów w czasie ( $t$ ).

Wartość równań (1) ma wpływ na zmiany poziomu ceny pszenicy. Jeśli wartości się zwiększają, czyli stosunek popytu do zbiorów/zapasów rośnie, to poziom ceny się podnosi. W odwrotnej sytuacji: gdy wartości ilorazów się zmniejszają, czyli ograniczenia są bardziej po stronie popytu, a podaż się zwiększa, to poziom cen spada<sup>4</sup>. Zależności te zweryfikowano dla badanego okresu dla rynku światowego i z podziałem na grupy krajów importerów i eksporterów. Analizę przeprowadzono na podstawie wykresów 1–9 przedstawionych w części empirycznej artykułu. Zgodnie z równaniem (1) nie jest analizowany popyt, przyjmując tę zmienną na zasadzie wielkości danej. Ma to znaczenie dla postawionej w artykule kwestii wrażliwości poziomu cen na zmiany wielkości zbiorów i zapasów, ponieważ analizę przeprowadzono przy danym ograniczeniu popytowym.

Bezpośrednio do kwestii wrażliwości cen przybliża określenie zmian w czasie zależności ujętych w równaniu (1). W tym celu ujęto we wzorze wielkości przyrostowe:

Analizowano zmiany poziomu ceny przy różnych wartościach przyrostów (zmian): wielkości popytu  $\Delta d_y$ ; przyrostu (zmian) wielkości zbiorów  $\Delta h_y$ ; oraz przyrostu (zmian) poziomu zapasów:  $\Delta s_y$  (przy:  $d_y > 0$ ;  $h_y > 0$ ,  $s_y > 0$ ), pominięto subskrypt czasu ( $t$ ). Wniosek formalny jest taki, że zmiany poziomu ceny mogą przybierać różne wartości ( $0$ ;  $< 0$ ;  $> 0$ ).

<sup>4</sup> Zmiany wartości równań (1) szybciej następują w warunkach rynku względnie zamkniętego, np. rynek krajowy, niż otwartego, czyli rynek światowy, ale w innej skali ten rynek też jest zamknięty.

The relationships defined in equation (2) can be observed *implicitly* in Figures 10–15 later in the article. Above all, however, equation (2) serves as the basis for determining price sensitivity. The increments in equation (2) are crucial for changing the price and determining price sensitivity. This was not analyzed separately, leaving this issue for another occasion, but using equation (2), there is, for example  $d_y = 0 < (h_y > 0) \Rightarrow (\Delta p_p < 0)$ . Thus, with no change to demand, an increase in harvest leads to a decrease in the price. Such cases are described in the analysis in the empirical part, but they are rare. Usually, demand increases, but the volume of the harvest or stock increases more quickly, and thus, for example,  $(d_y > 0) < (h_y > 0) \Rightarrow (\Delta h_p < 0)$ . These are stylized cases of possible scenario analysis and forecasting of changes in wheat prices.

Subtracting equation (1) from formula (2) by sides and dividing the resulting formula by equation (1), give the following result<sup>5</sup>:

$$\frac{\Delta p_y}{p_y} = \frac{\Delta d_y}{d_y} - \frac{\Delta h_y}{h_y} \quad \text{and / oraz} \quad \frac{\Delta p_y}{p_y} = \frac{\Delta d_y}{d_y} - \frac{\Delta s_y}{s_y} \quad (3)$$

The resulting quotients (differential) express the rates of change of a given quantity included in equation (3), that is, the rate of change in the price, harvest and stock volume. Thus, the rate of change in the price against time is included in formula (3):  $\frac{\Delta p_y}{p_y} \times \frac{1}{t}$ , defined by the ratio of the rate of change of harvest volume to time:  $\frac{\Delta h_y}{h_y} \times \frac{1}{t}$ , or the rate of change of stock:  $\frac{\Delta s_y}{s_y} \times \frac{1}{t}$  to the rate of change of demand volume to time:  $\frac{\Delta d_y}{d_y} \times \frac{1}{t}$ . The last quantity will be omitted, in accordance with the assumption that it is a given quantity at a given time, so the rate:  $\frac{\Delta d_y}{d_y} \times \frac{1}{t} = 0$ .

The empirical values of the rates of change from expression (3) without the rate of change in demand, are illustrated in Figures 10–12 in the empirical section.

In turn, by dividing the components of equation (3) by sides, the sensitivity ratios of changes in price to changes in harvest volume were obtained ( $\eta_{p/h}$ ) and to changes in stock volume: ( $\eta_{p/s}$ ) at zero rate of change in demand:

$$\eta_{p/h} = - \frac{\Delta p_y}{p_y} / \frac{\Delta h_y}{h_y} \quad \text{and / oraz} \quad \eta_{p/s} = - \frac{\Delta p_y}{p_y} / \frac{\Delta s_y}{s_y} \quad (4)$$

for:  $\Delta h_y \neq 0, \Delta s_y \neq 0$ .

Zależności określone w równaniu (2) można zaobserwować *implicitnie* na wykresach 10–15 w dalszej części artykułu. Przede wszystkim jednak równanie (2) służy za podstawę do określenia wrażliwości cenowej. Można zauważyć, że przyrosty w równaniu (2) mają kluczowe znaczenie dla zmiany poziomu ceny i dla określania jej wrażliwości. Nie analizowano tego oddzielnie, pozostawiając tę kwestię na inną okazję, ale można zauważyć, że korzystając z równania (2), występuje np.  $d_y = 0 < (h_y > 0) \Rightarrow (\Delta p_p < 0)$ , czyli przy niezmiennym popycie przyrost zbiorów prowadzi do spadku poziomu ceny. W analizie w części empirycznej można znaleźć takie przypadki, ale są one rzadko spotykane. Zwykle popyt wzrasta, ale szybciej przyrasta wielkość zbiorów czy zapasów, czyli np. występuje  $(d_y > 0) < (h_y > 0) \Rightarrow (\Delta h_p < 0)$ . Są to stylizowane przypadki ewentualnej scenariuszowej analizy i prognozowania zmian poziomu cen pszenicy.

Odejmując stronami od formuły (2) równanie (1) i dzieląc uzyskany wzór przez równanie (1), uzyskuje się<sup>5</sup>:

Uzyskane ilorazy (różnicowe) wyrażają stopy zmian danej wielkości ujętej w równaniu (3), czyli stopę zmian poziomu ceny, wielkości zbiorów i wielkości zapasów. Zatem w formule (3) ujęto stopę zmian poziomu ceny względem czasu:  $\frac{\Delta p_y}{p_y} \times \frac{1}{t}$ , określoną przez stosunek stopy zmian wielkości zbiorów względem czasu:  $\frac{\Delta h_y}{h_y} \times \frac{1}{t}$  czy stopy zmian zapasów:  $\frac{\Delta s_y}{s_y} \times \frac{1}{t}$  do stopy zmian wielkości popytu względem czasu:  $\frac{\Delta d_y}{d_y} \times \frac{1}{t}$ . Ostatnia wielkość zostanie pominięta, zgodnie z przyjętym założeniem, że jest to wielkość dana w danym czasie, a więc stopa:  $\frac{\Delta d_y}{d_y} \times \frac{1}{t} = 0$ .

Wartości empiryczne stóp zmian z wyrażenia (3) bez stopy zmian popytu są zilustrowane na wykresach 10–12 w części empirycznej.

Z kolei dzieląc stronami składowe równania (3), uzyskano współczynniki wrażliwości zmian poziomu cen względem zmian wielkości zbiorów ( $\eta_{p/h}$ ) oraz względem zmian wielkości zapasów: ( $\eta_{p/s}$ ) przy zerowej stopie zmian popytu:

dla:  $\Delta h_y \neq 0, \Delta s_y \neq 0$ .

<sup>5</sup> The logarithms of these expressions can also be used in transformations.

<sup>5</sup> W przekształceniach można też posłużyć się logarytmami tych wyrażenia.

Such values are taken by the coefficients only for positive increases in harvest volume  $\Delta h_y > 0$  and stock levels:  $\Delta s_y > 0$ . In the opposite case, i.e., a decrease in harvest volume:  $\Delta h_y < 0$ , and a decrease in stock levels:  $\Delta s_y < 0$ , sensitivity coefficients will be positive. The coefficients react to the ratio of incremental volumes, mainly to changes in the denominator of the quotient (4), hence they can take on very different negative and positive values. In addition, the values are affected by the assumption regarding the demand ratio, which also complicates calculations. According to the assumption regarding changes in demand:  $\frac{\Delta d_y}{d_y} = 0$ , they should be negative, as in equation (4). However, with:  $\frac{\Delta d_y}{d_y} \neq 0$ , especially for:  $\frac{\Delta d_y}{d_y} > 0$ , which is evident from an analysis of the graphs showing the rates of change of harvest and stock volumes and price in the empirical part, they can be different. These coefficients are counted, as mentioned, without complex statistics regarding correlation and causality, and are shown in Figures 13–15. In fact, it is difficult to find references to these coefficients directly in the literature in an empirical sense. From the assumptions of models (1)–(4), there may be a positive verification of the hypothesis of the effect of changes in harvest and stocks on the wheat price, and this effect can be measured by the price sensitivity coefficient. Empirical analysis should verify this positively.

### Empirical data

In line with the stated research objectives, this article uses specific wheat balance items from the US Department of Agriculture's (USDA) PSD database to analyze supply, harvest, and stocks. These are data on beginning stocks, production (harvest), and consumption. The analysis of the price of these grains used annual average global export prices from the US (FOB Gulf of Mexico) from 1960 to 2022, which were obtained from the World Bank (WB) database. Much of the literature defines the world grain market as an oligopolistic structure in which the bulk of the world's export supply is concentrated in a few countries/regions, taking into account the US, EU, Canada and Australia, and less frequently Argentina. This definition does not reflect so much the structure of production, as the global structure of export supply, which is more reasonable from the point of view of the price-shaping process in world markets and from the point of view of this analysis. Development that has occurred this century shows that other regions should be added to this group, most notably Russia and Ukraine, which are becoming world export leaders in the grain,

Takie wartości przyjmują współczynniki jedynie dla dodatnich przyrostów wielkości zbiorów  $\Delta h_y > 0$  i poziomu zapasów:  $\Delta s_y > 0$ . W odwrotnym przypadku, gdy następować będzie zmniejszenie wielkości zbiorów:  $\Delta h_y < 0$  i zmniejszenie poziomu zapasów:  $\Delta s_y < 0$  współczynniki wrażliwości będą dodatnie. Ich wartości reagują na stosunek wielkości przyrostowych, głównie na zmiany w mianowniku ilorazu (4), stąd mogą przybierać bardzo różne, ujemne i dodatnie wartości. Dodatkowo wpływ na wartości ma założenie odnośnie do wskaźnika popytu, co też komplikuje obliczenia. Zgodnie z założeniem dotyczącym zmian popytu:  $\frac{\Delta d_y}{d_y} = 0$ , powinny one być ujemne, jak w równaniu (4). Jednak przy:  $\frac{\Delta d_y}{d_y} \neq 0$ , zwłaszcza zaś dla:  $\frac{\Delta d_y}{d_y} > 0$ , co wynika z analizy wykresów pokazujących stopy zmian wielkości zbiorów i zapasów oraz poziomów cen w części empirycznej, mogą być one różne. Współczynniki te są policzone, jak już wspomniano, bez złożonej statystyki odnośnie do korelacji i przyczynowości oraz przedstawione na wykresach 13–15. W zasadzie trudno znaleźć do tych współczynników odniesienia wprost w literaturze w sensie empirycznym. Z założeń modeli (1)–(4) wynikać może pozytywna weryfikacja hipotezy o wpływie zmian wielkości zbiorów i zapasów na poziom ceny pszenicy i wpływ ten można zmierzyć współczynnikiem wrażliwości cenowej. Analiza empiryczna winna to zweryfikować pozytywnie.

### Dane empiryczne

Zgodnie z postawionymi celami badawczymi w artykule do analizy podaży, zbiorów i zapasów wykorzystano określone pozycje bilansu pszenicy z bazy danych PSD Departamentu Rolnictwa USA (USDA). Są to dane dotyczące zapasów początkowych, produkcji (zbiorów) i zużycia. Do analizy poziomu cen tych zbóż wykorzystano średnioroczne, światowe poziomy cen eksportowych z USA (fob Zatoka Meksykańska) z lat 1960–2022, które pozyskano z bazy danych Banku Światowego (WB). W wielu przypadkach w literaturze definiuje się światowy rynek zbóż jako oligopolistyczną strukturę, w której zasadnicza część światowej podaży eksportowej koncentruje się w kilku krajach/rejonach, uwzględniając USA, UE, Kanadę i Australię oraz rządziej Argentynę. Definicja ta odzwierciedla nie tyle strukturę produkcji, a globalną strukturę podaży eksportowej, co jest bardziej zasadne z punktu widzenia procesu cenotwórczego na światowych rynkach i z punktu widzenia tej analizy. Rozwój sytuacji w bieżącym stuleciu pokazuje, że do tego grona należy dołączyć inne rejony, w tym przede wszystkim Rosję i Ukrainę, które stają się liderami



especially wheat, market. These changes result in increasing the level of competitiveness in global grain markets and shifting the burden of the so-called price discovery toward Europe, Russia, and Ukraine (Janzen & Adjemian, 2017). Nevertheless, the choice of prices from the Gulf of Mexico is supported by both the availability of data and the length of the time series. In addition, quotations from this location continue to be considered as the reference price base for calculating import duties on common wheat in the EU. The choice of the FOB Gulf of Mexico category rather than the CIF ports of Western Europe is justified by the fact that the FOB price does not include freight costs to the destinations, which, given the relatively high volatility of the latter, would be an additional factor hindering the interpretation of the analysis results.

As trade data, harvest and beginning stocks are presented on a seasonal basis, where the season is defined as the period from July of the year ( $t$ ) to June of the year ( $t + 1$ ) in the case of wheat, which is derived from the duration of the production cycle. Beginning stocks in season ( $t$ ) are the resultant category obtained from the difference between supply and domestic consumption in season ( $t - 1$ ), adjusted for the foreign trade balance also in ( $t - 1$ ). US HRW wheat prices were used for graphical illustrations, since its time series length corresponds to that of the wheat balance items described above.

### Linkage Between Prices and Harvest Volume

This section of the article focuses on the linkage between the price of wheat and the volume of the harvest. This is probably the most analyzed relationship in market studies and forecasts, and is also of interest to policymakers. It is also directly related to the King effect, which is well-known in the literature. However, from a visual analysis of the position of the contours of the price level and yield in Figure 1 relative to each other, no clear regularities can be observed in the sense of this effect, meaning that for a given period or with a year's lag, larger harvests correspond to lower prices, and vice versa. More generally, there is a correlation, which is not as significant, between the price and the volume of the harvest for a given period, which is important in this regard. Although the contour of price levels is sinusoidal, it does not correspond to the cosine contour of harvest volume. This is probably influenced by a market growing in the long term, i.e., growing harvest volume determined by causes other than price, and demand growing from year to year (demand as a constant quantity, as in the model, refers to a given

światowego eksportu na rynku zbóż, szczególnie pszenicy. Zmiany te powodują, że na światowych rynkach zbóż rośnie poziom konkurencyjności i przesuwają się ciężar tzw. *price discovery* w kierunku Europy oraz Rosji i Ukrainy (Janzen i Adjemian, 2017). Niemniej za wyborem cen z Zatoki Meksykańskiej przemawia zarówno dostępność danych, jak i długość szeregów czasowych. Ponadto notowania z tej lokalizacji w dalszym ciągu są brane pod uwagę jako baza ceny referencyjnej służącej do obliczania wysokości cel importowych na pszenicę zwyczajną w UE. Wybór kategorii fob Zatoka Meksykańska, a nie cif porty Europy Zachodniej jest uzasadniony tym, że cena fob nie zawiera kosztów frachtu do lokalizacji docelowych, co przy stosunkowo dużej zmienności tych ostatnich stanowiłoby dodatkowy czynnik utrudniający interpretację wyników analizy.

Zbiory i zapasy początkowe jako dane handlowe są prezentowane w ujęciu sezonowym, gdzie sezon definiowany jest jako okres od lipca roku ( $t$ ) do czerwca roku ( $t + 1$ ) w przypadku pszenicy, co wynika z czasu trwania cyklu produkcyjnego. Zapasy początkowe w sezonie ( $t$ ) to kategoria wynikowa otrzymana z różnicy pomiędzy podażą a zużyciem wewnętrznym w sezonie ( $t - 1$ ), skorygowanym o bilans handlu zagranicznego też w ( $t - 1$ ). Do ilustracji graficznych przyjęto ceny pszenicy US HRW, ponieważ jej długość szeregu czasowego odpowiada długości szeregów opisanych powyżej pozycji z bilansu pszenicy.

### Powiązania poziomu cen z wielkością zbiorów

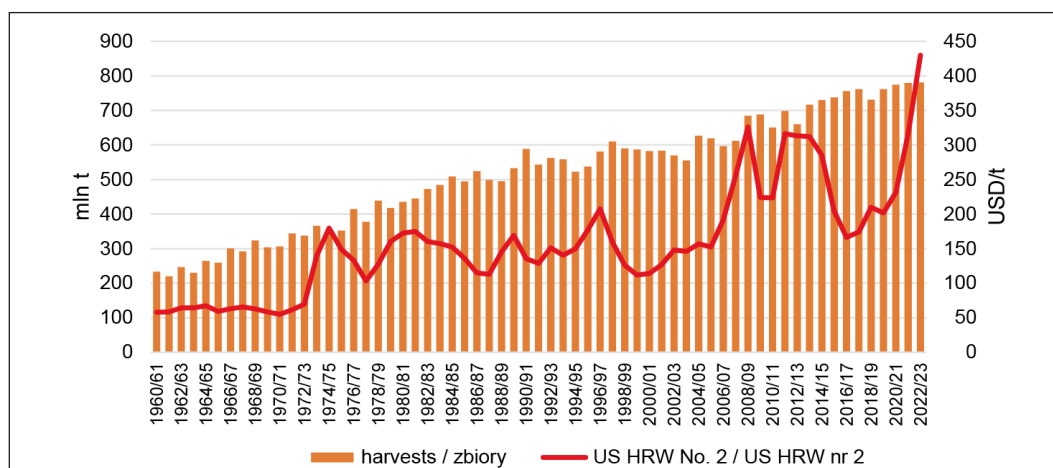
W tej części artykułu skupiono się na powiązaniu poziomu ceny pszenicy z wielkością jej zbiorów. Jest to prawdopodobnie najczęściej analizowana relacja w badaniach i prognozach rynkowych, jest też przedmiotem zainteresowania polityków. Wiąże się to również bezpośrednio ze znanym w literaturze efektem Kinga. Z wizualnej analizy położenia względem siebie obrysów poziomu ceny i wielkości zbiorów na wykresie 1 nie można zauważyć jednak wyraźnych regularności, w sensie tego efektu, co znaczy, że dla danego okresu lub z opóźnieniem rocznym wyższym zbiorom odpowiada niższy poziom ceny i odwrotnie. Ogólniej ujmując, można zaobserwować, ale nie aż tak znaczące powiązanie poziomu cen z wielkością zbiorów dla danego okresu, co jest w tej kwestii ważne. Wprawdzie obrys poziomów cen jest sinusoidalny, ale nie odpowiada mu kosinusoidalny obrys wielkości zbiorów. Najprawdopodobniej ma na to wpływ długookresowo rosnący rynek, tj. rosnąca wielkość zbiorów uwarunkowana poza cenowymi przyczynami oraz rosnący z roku poziom popytu (popyt jako wielkość stała, jak w modelu, odnosi się do danego

period – year). A steadily growing harvest volume corresponds to irregular distribution of rising prices. However, in the following periods 1982/83–1997/97, 1998/99–2008/09 and 2014/15–2020/21, there was high volume of supply corresponding to low prices. The opposite also took place, although this was less distinct, this was the case, for example, for the periods 1974/75–1978/79 and 2008/09–2011/12. The absence of full confirmation of the “large harvests – low prices” regularity assumed in models (1)–(4) may be due to the constantly increasing global volume of demand. This requires separate research, and here this visualization serves only as a prelude to further analysis with reference to the analytical model.

okresu – roku). Stale rosnącej wielkości zbiorów odpowiada nieregularny rozkład rosnących poziomów cen. Niemniej w okresach 1982/83–1997/97, 1998/99–2008/09 oraz 2014/15–2020/21 można zauważyć, że wysokiej wielkości podaży odpowiadał niski poziom cen. Miała również miejsce odwrotna sytuacja, aczkolwiek mniej wyraźnie – dotyczyło to np. okresów 1974/75–1978/79 i 2008/09–2011/12. Brak pełnego potwierdzenia prawidłowości „wysokie zbiory niskie ceny”, założonej w modelach (1)–(4), może wynikać ze stale rosnącej globalnej wielkości popytu. Wymaga to oddzielnych badań, tu zaś ta wizualizacja służy jedynie jako wstęp do dalszej analizy w nawiązaniu do modelu analitycznego.

**Figure 1. World wheat harvest and US HRW No. 2 wheat prices<sup>a</sup>**

**Wykres 1. Światowe zbiory pszenicy oraz ceny pszenicy US HRW nr 2<sup>a</sup>**



<sup>a</sup> US HRW No. 2 wheat prices, FOB Gulf of Mexico / ceny pszenicy amerykańskiej US HRW nr 2, fob Zatoka Meksykańska

Source: USDA (n.d.), World Bank (n.d.).

Źródło: USDA (b.d.), World Bank (b.d.).

The same range of price and volume levels applies to the exporter country market. In Figure 2, the assumptions made in the model approach (the regularity “high harvest volume – low price level” and vice versa) are shown more clearly. The range of price levels and harvest volumes is sinusoidally opposite in some periods, as observed, for example, in the following periods: 1998/99–2008/2009 and 2014/15–2020/21.

Significantly, and fairly regularly, this regularity can be seen for importing countries (Figure 3). There is a clear sine and cosine pattern to the levels of the analyzed volumes. High harvest levels correspond to relatively low price levels (even relative to simple trend analyses, as in technical analysis), this applies to the periods 1982/83–2006/07 and 2016/17–2020/21. The logic of this, and therefore the explanation, is quite obvious.

Ten sam zakres poziomów cen i wielkości odnosi się do rynku krajów eksporterów. Na wykresie 2 można zauważyć wyraźniej ukazane założenia przyjęte w ujęciu modelowym (prawidłowości „wysoka wielkość zbioru niski poziom cen” i odwrotnie). Zakres poziomów cen i wielkości zbiorów występuje w niektórych okresach sinusoidalnie przeciwstawnie, co obserwuje się np. w okresach 1998/99–2008/2009 oraz 2014/15–2020/21.

Znacząco i w miarę regularnie widać tę prawidłowość w odniesieniu do krajów importerskich (wykr. 3). Wyraźnie zaznacza się sinusoidalność i kosinusoidalność poziomów analizowanych wielkości. Wysokim poziomom zbiorów odpowiadają względnie niskie poziomy cen (nawet w stosunku do prostych analiz trendu, jak w analizie technicznej), odnosi się to okresów 1982/83–2006/07 i 2016/17–2020/21. Logika tego, a zatem i wyjaśnienie jest dość oczywiste.

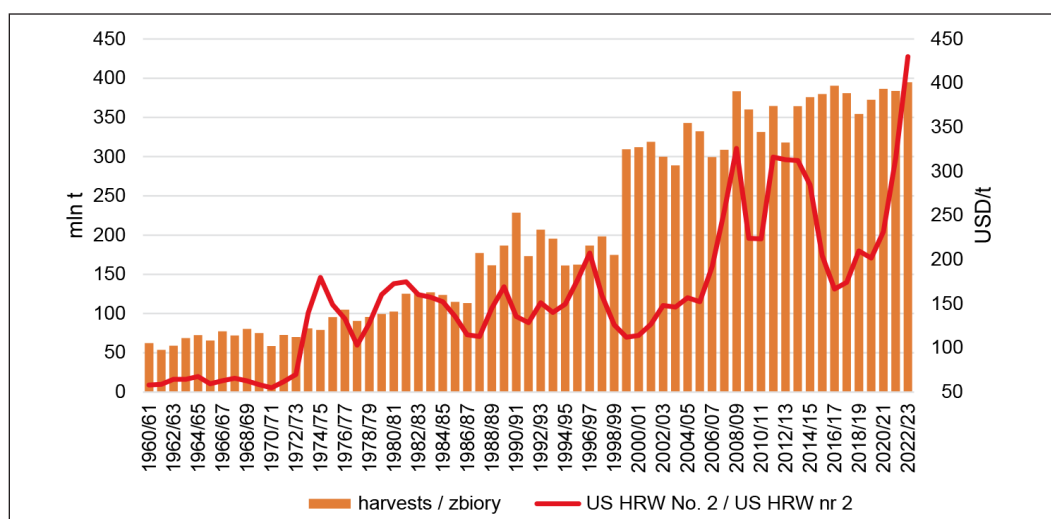


Although this is only a very simplified analysis, and a visualization in essence similar to technical analysis, it does provide a rationale for further inquiries into changes in the price due to changes in wheat market harvests using the world market as an example.

Choć to jedynie bardzo uproszczona analiza, niejako wizualizacyjna, w istocie podobna do analizy technicznej, to dostarcza jednak przesłanek do dalszych dociekań odnośnie do zmian poziomu ceny pod wpływem zmian zbiorów na rynku pszenicy na przykładzie rynku światowego.

**Figure 2. Wheat harvest from major exporters<sup>a</sup> and US HRW No. 2 wheat prices<sup>b</sup>**

**Wykres 2. Zbiory pszenicy u głównych eksporterów<sup>a</sup> i ceny pszenicy US HRW nr 2<sup>b</sup>**



<sup>a</sup> Argentina, Australia, Canada, Kazakhstan, European Union, Russia, Ukraine, USA / Argentyna, Australia, Kanada, Kazachstan, Unia Europejska, Rosja, Ukraina, USA

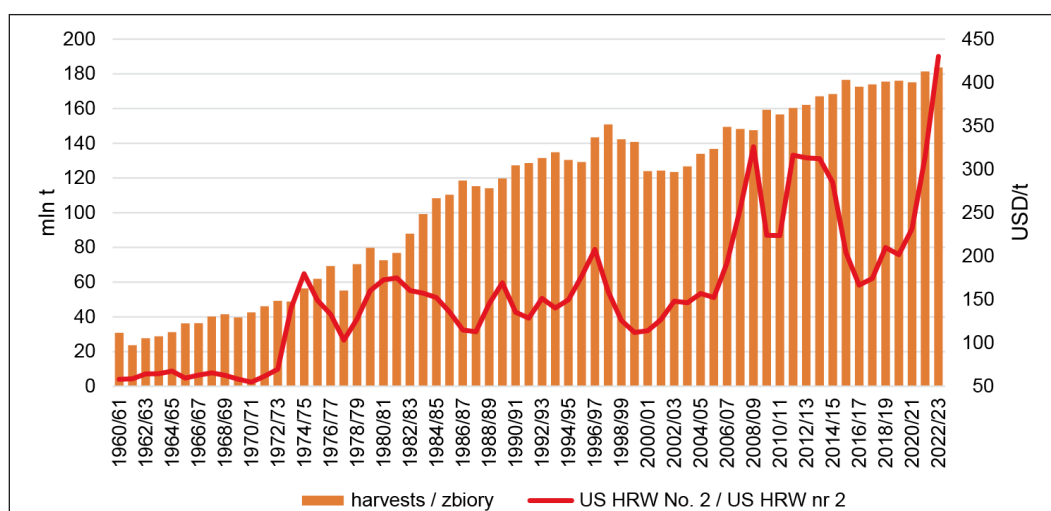
<sup>b</sup> US HRW No. 2 wheat prices FOB Gulf of Mexico / ceny pszenicy amerykańskiej US HRW nr 2 fob Zatoka Meksykańska

Source: USDA (n.d.), World Bank (n.d.).

Źródło: USDA (b.d.), World Bank (b.d.).

**Figure 3. Wheat harvest at major importers<sup>a</sup> and US HRW No. 2 wheat prices<sup>b</sup>**

**Wykres 3. Zbiory pszenicy u głównych importerów<sup>a</sup> i ceny pszenicy US HRW nr 2<sup>b</sup>**



<sup>a</sup> Algeria, Bangladesh, Brazil, China, Egypt, Indonesia, Iran, Iraq, Japan, South Korea, Mexico, Morocco, Nigeria, Philippines, Saudi Arabia / Algieria, Bangladesz, Brazylia, Chiny, Egipt, Indonezja, Iran, Irak, Japonia, Korea Południowa, Meksyk, Maroko, Nigeria, Filipiny, Arabia Saudyjska

<sup>b</sup> US HRW No. 2 wheat prices, FOB Gulf of Mexico / ceny pszenicy amerykańskiej US HRW nr 2, fob Zatoka Meksykańska

Source: USDA (n.d.), World Bank (n.d.).

Źródło: USDA (b.d.), World Bank (b.d.).

### Linkage Between Prices and Stock Volumes

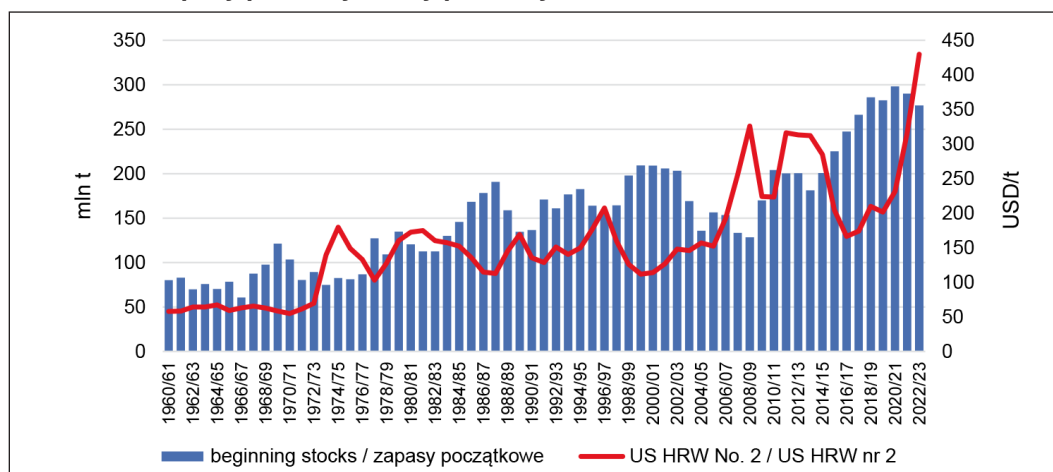
When the price (the dependent variable) is combined with the volume of stocks (the independent variable) for the world market, there are some barely discernable connections between these variables. The analyzed variables (volumes) are inversely related and approximately sinusoidal and cosinusoidal (Figure 4). Lower volumes of inventories correspond to higher prices, which can be seen relatively well in the periods 1972/73–1985/86 and 2004/05–2014/15. The inverse relationship is less pronounced, but nevertheless higher stock levels correspond to slightly lower prices, such is the case, for example, in the periods 1986/87–1988/89, 1998/99–2002/03, and 2016/17–2021/23. This result is greater validation of the model's assumptions and hypothesis about the sensitivity of price to stock levels.

### Powiązania poziomu cen z wielkością zapasów

Łącząc poziom ceny (zmienną zależną) z wielkością zapasów (zmienną niezależną) dla rynku światowego, można zaobserwować pewne, choć nie dość widoczne, powiązania między tymi zmiennymi. Poziomy analizowanych zmiennych (wielkości) są względem siebie trochę przeciwstawne oraz w przybliżeniu sinusoidalne i kosinusoidalne (wykr. 4). Niższym wielkościom zapasów odpowiadają wyższe poziomy ceny, co widać względnie dobrze w okresach 1972/73–1985/86 oraz 2004/05–2014/15. Odwrotne powiązanie jest mniej wyraźne, niemniej wyższym poziomom zapasów odpowiadają jednak nieco niższe poziomy cen, tak jest np. w okresach 1986/87–1988/89, 1998/99–2002/03 czy 2016/17–2021/23. Taki wynik obserwacji zbliża do pozytywnej weryfikacji przyjętych w modelu założeń i hipotezy o wrażliwości poziomu ceny na wysokość zapasów.

Figure 4. World wheat stocks and US HRW No. 2 wheat prices<sup>a</sup>

Wykres 4. Światowe zapasy pszenicy i ceny pszenicy US HRW nr 2<sup>a</sup>



<sup>a</sup> US HRW No. 2 wheat prices, FOB Gulf of Mexico / ceny pszenicy amerykańskiej US HRW nr 2, fob Zatoka Meksykańska

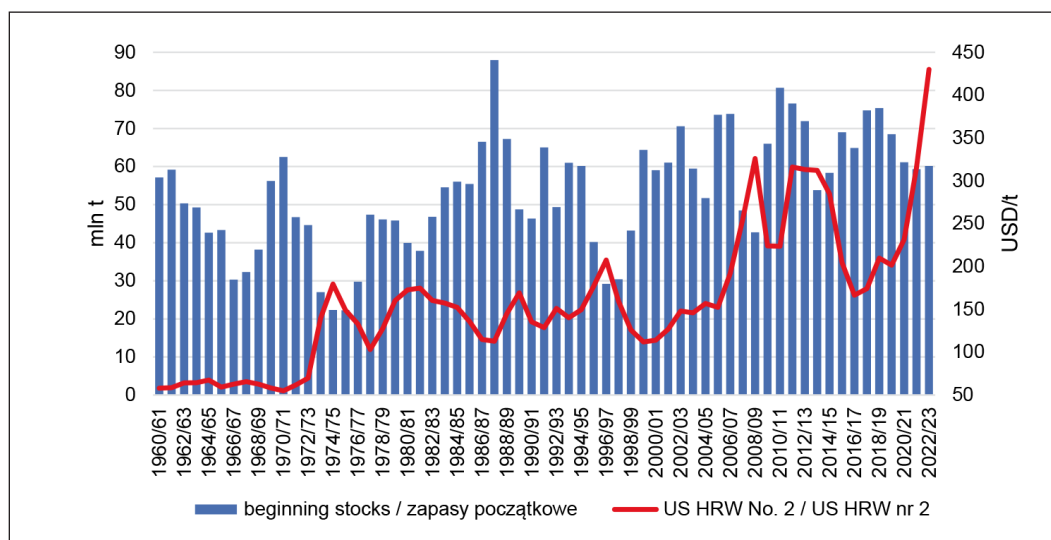
Source: USDA (n.d.), World Bank (n.d.).

Źródło: USDA (b.d.), World Bank (b.d.).

When this analysis is applied to the exporting countries (Figure 5), there are distinct increases and decreases in the sine (cosine) levels. Nevertheless, this validates the assumptions, and indicates that the price is more sensitive to the volume of stocks than to the volume of harvests in these countries. This is an important indication for forecasting the market situation and market analysis. It is quite clear that periods of high stock levels correspond to low prices, and this is true for the periods 1978/79–1996/97, 1998/99–2006/07, and 2016/17–2020/21. The 2006/07–2012/13 period is an exception, when high stock levels corresponded to high prices.

Odniesienie tej analizy do krajów eksporterów (wykr. 5) pozwala zauważyć, że poziomy sinusoidalne (kosinusoidalne) charakteryzują się wyraźnie wzrostami i spadkami. Niemniej wskazuje to na możliwość pozytywnej weryfikacji założeń oraz na większą wrażliwość poziomu ceny względem wielkości zapasów niż względem wielkości zbiorów w tych krajach. Jest to ważna wskazówka dla prognozowania sytuacji rynkowej i analizy rynku. Dość wyraźnie widać, że okresom wysokich poziomów zapasów odpowiadają niskie poziomy cen, dotyczy to okresów 1978/79–1996/97, 1998/99–2006/07 i 2016/17–2020/21. Wyjątkiem jest okres 2006/07–2012/13, gdy wysokim poziomom zapasów odpowiadały wysokie ceny.

**Figure 5. Wheat stocks at major exporters<sup>a</sup> and US HRW No. 2 wheat prices<sup>b</sup>**  
**Wykres 5. Zapasy pszenicy u głównych eksporterów<sup>a</sup> i ceny pszenicy US HRW nr 2<sup>b</sup>**



<sup>a</sup> Argentina, Australia, Canada, Kazakhstan, European Union, Russia, Ukraine, USA / Argentyna, Australia, Kanada, Kazachstan, Unia Europejska, Rosja, Ukraina, USA

<sup>b</sup> US HRW No. 2 wheat prices, FOB Gulf of Mexico / ceny pszenicy amerykańskiej US HRW nr 2, fob Zatoka Meksykańska

Source: USDA (n.d.), World Bank (n.d.).

Źródło: USDA (b.d.), World Bank (b.d.).

The above observations are more noticeable for importing countries (Figure 6), where—as assumed—the higher the level of stocks, the lower the level of prices, and vice versa, with quite a high level of symmetry in a sine and cosine patterns. During the periods 1990/91–2004/05 and 2016/17–2020/21, high stock levels corresponded to low prices. Similarly, low inventory levels corresponded to high prices in the periods 1972/73–1978/79 and 2005/06–2015/16.

The above remarks based on the analysis of Figure 6 may indicate sensitivity of the price to the level of wheat stocks on the market in these countries. This is greater validation of the hypothesis.

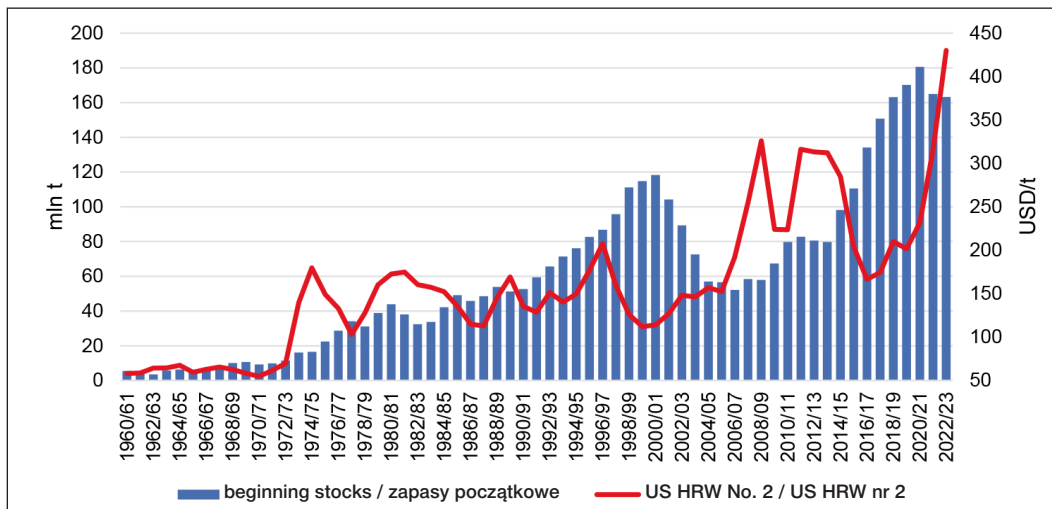
The above reasoning is sufficiently supported by the analysis of the calculated correlation coefficients of the variables under analysis on the basis of Figures 1–6. The values of these correlation coefficients are presented in the form of a matrix (Table 1). They are sufficiently high and statistically significant, and, moreover, as assumed, they take negative values. This indicates the possibility of the assumed sensitivity of changes in the price level to changes in harvests and stocks.

Powyższe obserwacje są bardziej zauważalne w odniesieniu do krajów importerskich (wykr. 6), gdzie – zgodnie z założeniami – występuje sytuacja, że im wyższy poziom zapasów, tym niższy poziom cen i odwrotnie, z dość dużą symetrycznością w układzie sinusoidalnym i kosinusoidalnym. W okresie 1990/91–2004/05 oraz 2016/17–2020/21 wysokim poziomem zapasów odpowiadał niski poziom cen. Podobnie niskim poziomem zapasów odpowiadał wysoki poziom cen w okresach 1972/73–1978/79 i 2005/06–2015/16.

Powyższe uwagi na podstawie analizy wykresu 6 mogą wskazywać na to, że występuje wrażliwość poziomu cen wobec poziomu zapasów pszenicy na rynku w tych krajach, co przybliży do weryfikacji hipotezy.

Do powyższego rozumowania w dostatecznym stopniu uprawnia analiza obliczonych współczynników korelacji zmiennych będących przedmiotem analizy na podstawie wykresów 1–6. Wartości tych współczynników korelacji są prezentowane w postaci macierzy (tab. 1). Są one dostatecznie wysokie oraz statystycznie istotne, a co więcej – zgodnie z założeniami przyjmują ujemne wartości. Wskazuje to na możliwość występowania założonej wrażliwości zmian poziomu ceny na zmiany wielkości zbiorów i zapasów.



**Figure 6. Wheat stocks at major importers<sup>a</sup> and US HRW No. 2 wheat prices<sup>b</sup>****Wykres 6. Zapasy pszenicy u głównych importerów<sup>a</sup> i ceny pszenicy US HRW nr 2<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> Algeria, Bangladesh, Brazil, China, Egypt, Indonesia, Iran, Iraq, Japan, South Korea, Mexico, Morocco, Nigeria, Philippines, Saudi Arabia / Algieria, Bangladesz, Brazylia, Chiny, Egipt, Indonezja, Iran, Irak, Japonia, Korea Południowa, Meksyk, Maroko, Nigeria, Filipiny, Arabia Saudyjska

<sup>b</sup> US HRW No. 2 wheat prices, FOB Gulf of Mexico / ceny pszenicy amerykańskiej US HRW nr 2, fob Zatoka Meksykańska

Source: USDA (n.d.), World Bank (n.d.).

Źródło: USDA (b.d.), World Bank (b.d.).

**Table 1. Matrix<sup>a</sup> variables from 1961/62 to 2022/23<sup>b</sup>**

Variables	Average	Standard deviation	World wheat beginning stocks	World wheat harvest (production)	World wheat supply (harvest + beginning stocks)	Nominal export price of wheat US SRW No. 2 (FOB Gulf of Mexico)	Nominal export price of wheat US HRW No. 2 (FOB Gulf of Mexico)
World wheat beginning stocks	0.016726	0.113564	1.000000	-0.438540	0.231491	-0.551060	-0.597070
World wheat harvest (production)	0.014572	0.048170	-0.438540	1.000000	0.768508	-0.035664	0.065201
World wheat supply (harvest + beginning stocks)	0.015116	0.035232	0.231491	0.768508	1.000000	-0.421470	-0.341401
Nominal export price of wheat US SRW No. 2 (FOB Gulf of Mexico)	0.020776	0.163367	-0.551060	-0.035664	-0.421470	1.000000	0.921170
Nominal export price of wheat US HRW No. 2 (FOB Gulf of Mexico)	0.022947	0.176389	-0.597070	0.065201	-0.341401	0.921170	1.000000

<sup>a</sup> For tables with correlation matrices, the convention of presenting results based on StatSoft STATISTICA 8.0 software was observed, the coefficients highlighted in red are statistically significant;

<sup>b</sup> Based on calculations derived from the natural logarithms of empirical observations.

The marked correlation coefficients are significant with  $p < .05000$   $N = 62$

Source: authors' own calculations based on data from the World Bank (n.d.) and the US Department of Agriculture (USDA, n.d.).

Tabela 1. Macierz<sup>a</sup> zmiennych w latach 1961/62–2022/23<sup>b</sup>

Zmienne	Średnia	Odch. std.	Zapasy początkowe pszenicy na świecie	Zbiory (produkcja) pszenicy na świecie	Podaż (zbiory plus zapasy początkowe) pszenicy na świecie	Nominalna cena eksportowa pszenicy US SRW nr 2 (fob Zat. Meksykańska)	Nominalna cena eksportowa pszenicy US HRW nr 2 (fob Zat. Meksykańska)
Zapasy początkowe pszenicy na świecie	0,016726	0,113564	1,000000	-0,438540	0,231491	-0,551060	-0,597070
Zbiory (produkcja) pszenicy na świecie	0,014572	0,048170	-0,438540	1,000000	0,768508	-0,035664	0,065201
Podaż (zbiory plus zapasy początkowe) pszenicy na świecie	0,015116	0,035232	0,231491	0,768508	1,000000	-0,421470	-0,341401
Nominalna cena eksportowa pszenicy US SRW nr 2 (fob Zat. Meksykańska)	0,020776	0,163367	-0,551060	-0,035664	-0,421470	1,000000	0,921170
Nominalna cena eksportowa pszenicy US HRW nr 2 (fob Zat. Meksykańska)	0,022947	0,176389	-0,597070	0,065201	-0,341401	0,921170	1,000000

<sup>a</sup> W odniesieniu do tabel z macierzami korelacji przyjęto konwencję prezentacji wyników na podstawie oprogramowania StatSoft STATISTICA 8.0, współczynniki wyróżnione na czerwono są statystycznie istotne

<sup>b</sup> Na podstawie obliczeń wynikających z logarytmów naturalnych obserwacji empirycznych.

Oznaczone współczynniki korelacji są istotne z  $p < ,05000$   $N = 62$ .

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych Banku Światowego (World Bank, b.d.) i Departamentu Rolnictwa USA (USDA, b.d.).

### Linkage Between the Rate of Change in Prices and the Rate of Change in Wheat Harvests

The final phase of the analysis, and the most important one for verifying the assumptions and hypothesis of the sensitivity of the price to changes in harvests and stocks, is the analysis of the linkage between the rates of change, i.e., the rate of change of the price as the dependent variable and the rate of change of harvests and stocks as independent variables, which will be analyzed separately. It is assumed that the alternations observed above also exist between them, and this would confirm the hypothesis.

Inferring a linkage between the rate of change of the price and the rate of change of harvests as a basis for making judgments about price sensitivity makes it possible to analyze the levels marked in Figures 7–9. Importantly, there is a high amplitude of fluctuations in the rate of change of the price with the same amplitude of fluctuations in the rate of change of harvests (Figure 7). In fact, the trend in the rate of change of harvests is almost parallel to natural fluctuations, but relatively small. This may indicate that there has been, and continues to be, a very high sensitivity of the wheat price to changes in harvest volume in these markets. This observation

### Powiązania tempa zmian cen i tempa zmian zbiorów pszenicy

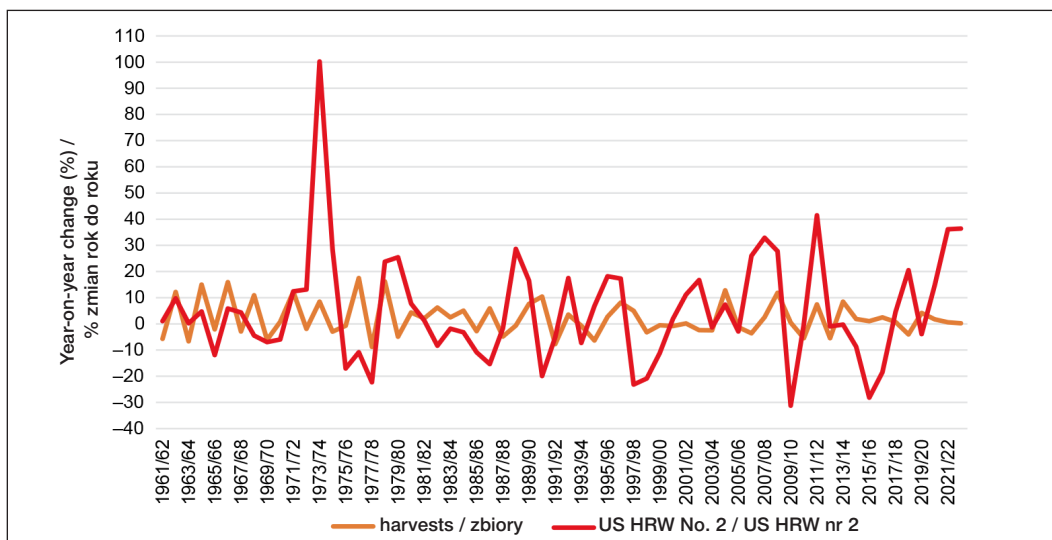
Kończącą fazą analizy, a także najważniejszą dla weryfikacji założeń i hipotezy o wrażliwości poziomu cen względem zmian wielkości zbiorów i zapasów, jest analiza powiązań między ich tempem (stopą) zmian, tj. powiązania między tempem zmian poziomu cen jako zmienną zależną a tempem zmian wielkości zbiorów oraz zapasów jako zmiennymi niezależnymi, co będzie przedmiotem odrębnych analiz. Zakłada się, że między nimi również występują obserwowane wyżej przemienności, co prowadziłyby do pozytywnej weryfikacji hipotezy.

Wnioskowanie o powiązaniach między stopą zmian poziomu cen a stopą zmian wielkości zbiorów jako podstawą do wyrokowania o wrażliwości cen umożliwia analiza poziomów oznaczonych na wykresach 7–9. Można zauważyć, co jest istotne, że występuje wysoka amplituda wahań tempa zmian poziomu cen przy relatywnie wyrównanej amplitudzie wahań tempa zmian wielkości zbiorów (wykr. 7). Trend tempa zmian zbiorów jest w istocie prawie horyzontalny przy naturalnych wahaniami, ale stosunkowo niewielkich. Może to wskazywać na to, że występowała i występuje bardzo wysoka wrażliwość poziomu cen pszenicy na

is an important consideration for market analysts regarding forecasting. The possible high sensitivity of prices, in addition to their high volatility per se, is determined not only by changes in crop volumes, but also by other factors that are not analyzed in this article.

zmiany wielkości zbiorów na tych rynkach. Obserwacja ta jest, jak się wydaje, ważną przesłanką dla analityków rynku odnośnie do prognozowania. Ewentualna wysoka wrażliwość cen, obok wysokiej ich zmienności samej w sobie, uwarunkowana jest nie tylko zmianami wielkości zbiorów, ale również innymi czynnikami, które nie są analizowane w tym artykule.

**Figure 7. Rate of change in US HRW No. 2 wheat prices<sup>a</sup> and rate of change in world wheat harvests**  
**Wykres 7. Tempo zmian cen pszenicy US HRW nr 2<sup>a</sup> i tempo zmian wielkości światowych zbiorów pszenicy**

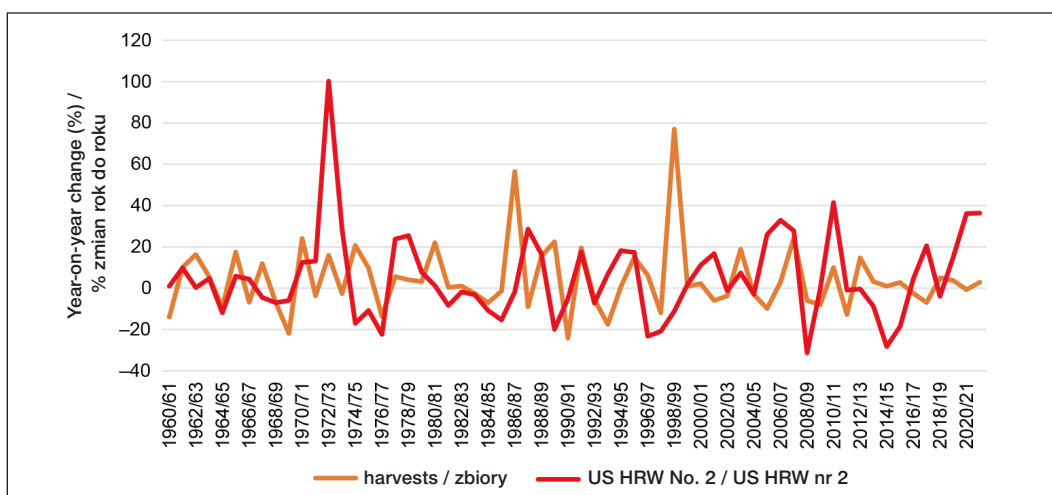


<sup>a</sup> US HRW No. 2 wheat prices, FOB Gulf of Mexico / ceny pszenicy amerykańskiej US HRW nr 2, fob Zatoka Meksykańska

Source: authors' own calculations based on data from the World Bank (n.d.) and the US Department of Agriculture (USDA, n.d.).

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych Banku Światowego (World Bank, b.d.) i Departamentu Rolnictwa USA (USDA, b.d.).

**Figure 8. Rate of change in US HRW No. 2 wheat prices<sup>a</sup> and rate of change in exporters' wheat harvests**  
**Wykres 8. Tempo zmian cen pszenicy US HRW nr 2<sup>a</sup> i tempo zmian wielkości zbiorów pszenicy u eksporterów**



<sup>a</sup> US HRW No. 2 wheat prices, FOB Gulf of Mexico / ceny pszenicy amerykańskiej US HRW nr 2, fob Zatoka Meksykańska

<sup>b</sup> Argentina, Australia, Canada, Kazakhstan, European Union, Russia, Ukraine, USA / Argentyna, Australia, Kanada, Kazachstan, Unia Europejska, Rosja, Ukraina, USA

Source: authors' own calculations based on data from the World Bank (n.d.) and the US Department of Agriculture (USDA, n.d.).

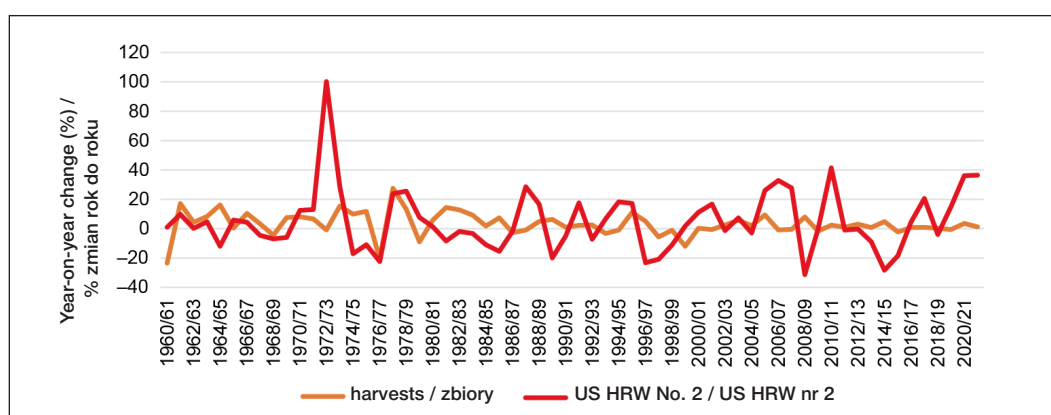
Źródło: obliczenia własne na podstawie danych Banku Światowego (World Bank, b.d.) i Departamentu Rolnictwa USA (USDA, b.d.).



In Figure 8, the alternation of harvest volume and price levels is clear, which is understandable and, more importantly, consistent with the model assumptions made (higher/lower supply = lower/higher prices). Almost throughout the period, larger harvests corresponded to lower prices (e.g., 1974/75–1978/79, 1980/81–1988/89, 1997/98–2000/01), and lower yields corresponded to higher prices (e.g., 1977/78–1980/81, 1987/88–1990/01, 1993/94–1996/97, 2004/05–2008/09, etc.). The observations are greater validation of the hypothesis.

Na wykresie 8 wyraźnie zaznacza się przemienność wielkości zbiorów i poziomu cen, co jest zrozumiałe i – co ważniejsze – zgodne z przyjętymi założeniami modelowymi (większa/nieższa podaż = niższe/wyższe ceny). Prawie w całym okresie wyższym zbiorom odpowiadają niższe poziomy ceny (np. 1974/75–1978/79, 1980/81–1988/89, 1997/98–2000/01), jak i niższym zbiorom odpowiadały wyższe ceny (np. 1977/78–1980/81, 1987/88–1990/01, 1993/94–1996/97, 2004/05–2008/09 itd.). Obserwacje przybliżają do pozytywnej weryfikacji hipotezy.

**Figure 9. Rate of change in US HRW No. 2 wheat prices<sup>a</sup> and rate of change in importers' wheat harvests<sup>b</sup>**  
**Wykres 9. Tempo zmian cen pszenicy US HRW nr 2<sup>a</sup> i tempo zmian wielkości zbiorów pszenicy u importerów<sup>b</sup>**



<sup>a</sup> US HRW No. 2 wheat prices, FOB Gulf of Mexico / ceny pszenicy amerykańskiej US HRW nr 2, fob Zatoka Meksykańska

<sup>b</sup> Algeria, Bangladesh, Brazil, China, Egypt, Indonesia, Iran, Iraq, Japan, South Korea, Mexico, Morocco, Nigeria, Philippines, Saudi Arabia / Algieria, Bangladesz, Brazylia, Chiny, Egipt, Indonezja, Iran, Irak, Japonia, Korea Południowa, Meksyk, Maroko, Nigeria, Filipiny, Arabia Saudyjska

Source: authors' own calculations based on data from the World Bank (n.d.) and the US Department of Agriculture (USDA, n.d.).

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych Banku Światowego (World Bank, b.d.) i Departamentu Rolnictwa USA (USDA, b.d.).

In the case of the market of wheat-importing countries, the linkage between the rate of change of the price and the rate of growth of wheat harvests are more similar to the world market as a whole. For example, the trend of harvest rates is also almost horizontal and relatively even. For the purpose of this article, this is an important premise. It indicates that the volatility of the wheat price in the market of importing countries is more influenced by factors other than the rate of change of harvests.

### Linkage Between the Rate of Change in Prices And the Rate of Change in Wheat Stocks

This part of the article will discuss the rate of change in the wheat price and the rate of change in the volume of wheat stocks. The above suggestion that the linkage between the rate of change in price and the rate of change in stocks may be greater than the linkage with changes in harvests is also accepted.

W przypadku rynku krajów importerów pszenicy powiązania między tempem zmian poziomu cen i tempem wzrostu zbiorów pszenicy są bardziej podobne do całego rynku światowego, np. trend stóp zmian zbiorów jest też prawie horyzontalny i względnie wyrównany. Dla realizacji celu artykułu jest to ważna przesłanka. Wskazuje to, że na zmienność poziomu cen pszenicy na rynku krajów importerów większy mają wpływ inne, niż stopa zmian zbiorów, czynniki.

### Powiązania tempa zmian cen i tempa zmian zapasów pszenicy

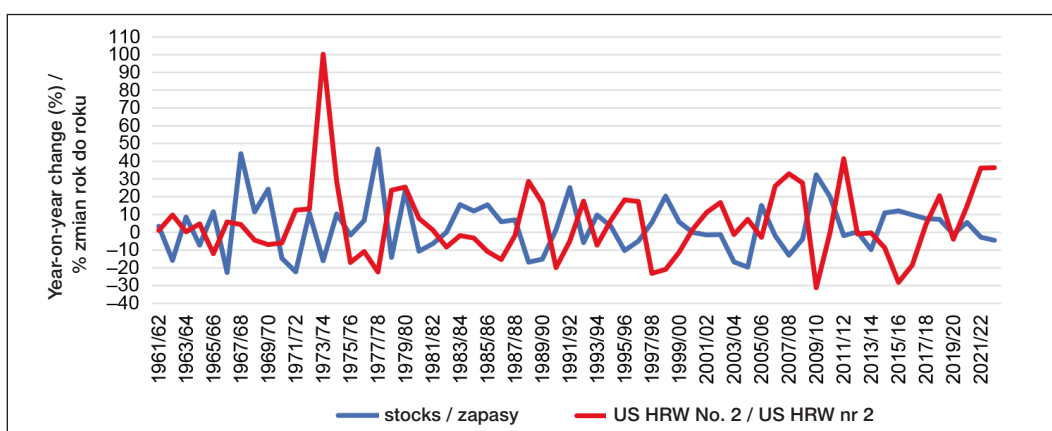
W tej części artykułu omówione zostanie tempo zmian poziomu ceny pszenicy do tempa zmian wielkości jej zapasów. Przyjęto również powyższą sugestię, że powiązanie między współczynnikiem zmiany ceny a współczynnikiem zmiany wielkości zapasów może być większe niż powiązanie ze zmianami wielkości

This is confirmed by an analysis of the price and stock changes for the world market as a whole (Figure 10), for the exporters' (Figure 11) and importers' market (Figure 12). Changes in the prices and the volume of stocks are almost inversely symmetrical. The largest increases correspond to the same decreases. This alternation has a pronounced amplitude of fluctuation, which is highest for the exporters' market, while equal for importers.

zbiorów. Potwierdza to, jak się wydaje, analiza poziomu zmian cen i zapasów w odniesieniu do rynku światowego jako całości (wykr. 10), do rynku eksporterów (wykr. 11) oraz do rynku importerów (wykr. 12). Zmiany poziomu cen i wielkości zapasów są niemal przeciwnie symetrycznie, ich największe wzrosty odpowiadają takim samym spadkom. Ta przemienność ma wyraźną amplitudę wahań, najbardziej wysoką dla rynku eksporterów, zaś względnie wyrównaną dla importerów.

**Figure 10. Rate of change in US HRW No. 2 wheat prices<sup>a</sup> and rate of change in the volume of world wheat stocks**

**Wykres 10. Tempo zmian cen pszenicy US HRW nr 2<sup>a</sup> i tempo zmian wielkości światowych zapasów pszenicy**



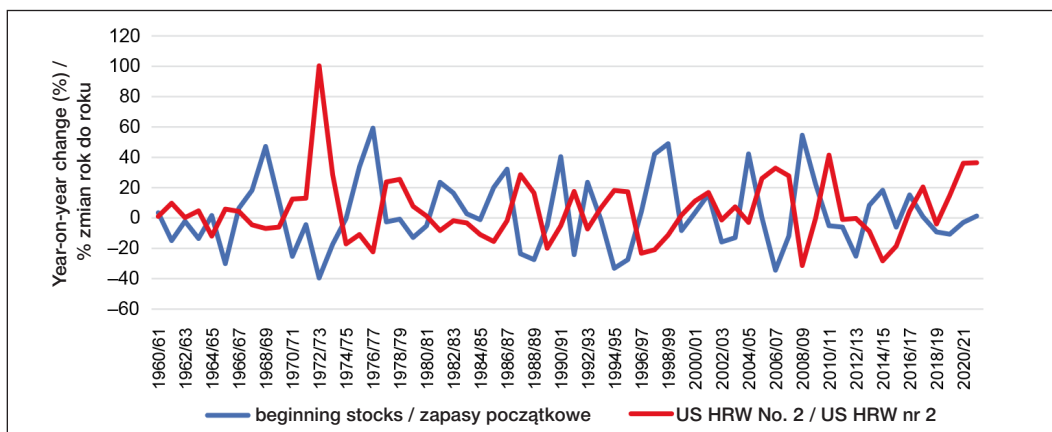
<sup>a</sup> US HRW No. 2 wheat prices, FOB Gulf of Mexico / ceny pszenicy amerykańskiej US HRW nr 2, fob Zatoka Meksykańska

Source: authors' own calculations based on data from the World Bank (n.d.) and the US Department of Agriculture (USDA, n.d.).

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych Banku Światowego (World Bank, b.d.) i Departamentu Rolnictwa USA (USDA, b.d.).

**Figure 11. Rate of change in US HRW No. 2 wheat price<sup>a</sup> and rate of change in exporters' wheat stocks<sup>b</sup>**

**Wykres 11. Tempo zmian poziomu cen pszenicy US HRW nr 2<sup>a</sup> i tempo zmian wielkości zapasów pszenicy u eksporterów<sup>b</sup>**



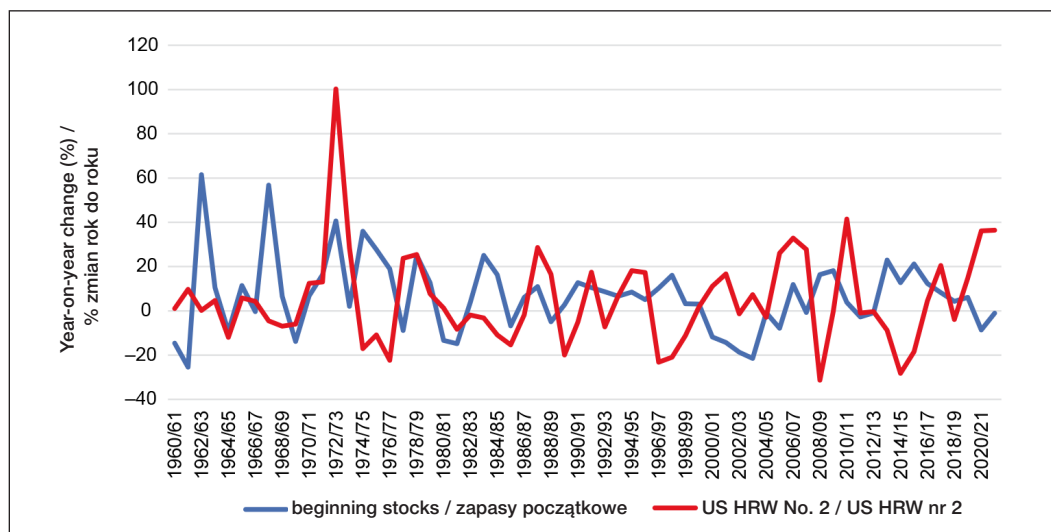
<sup>a</sup> US HRW No. 2 wheat prices, FOB Gulf of Mexico / ceny pszenicy amerykańskiej US HRW nr 2, fob Zatoka Meksykańska

<sup>b</sup> Argentina, Australia, Canada, Kazakhstan, European Union, Russia, Ukraine, USA / Argentyna, Australia, Kanada, Kazachstan, Unia Europejska, Rosja, Ukraina, USA

Source: authors' own calculations based on data from the World Bank (n.d.) and the US Department of Agriculture (USDA, n.d.).

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych Banku Światowego (World Bank, b.d.) i Departamentu Rolnictwa USA (USDA, b.d.).

**Figure 12. Rate of change in US HRW No. 2 wheat prices<sup>a</sup> and rate of change in importers' wheat stocks<sup>b</sup>**  
**Wykres 12. Tempo zmian cen pszenicy US HRW nr 2<sup>a</sup> i tempo zmian wielkości zapasów pszenicy u importerów<sup>b</sup>**



<sup>a</sup> US HRW No. 2 wheat prices, FOB Gulf of Mexico / ceny pszenicy amerykańskiej US HRW nr 2, fob Zatoka Meksykańska

<sup>b</sup> Algeria, Bangladesh, Brazil, China, Egypt, Indonesia, Iran, Iraq, Japan, South Korea, Mexico, Morocco, Nigeria, Philippines, Saudi Arabia / Algieria, Bangladesz, Brazylia, Chiny, Egipt, Indonezja, Iran, Irak, Japonia, Korea Południowa, Meksyk, Maroko, Nigeria, Filipiny, Arabia Saudyjska

Source: authors' own calculations based on data from the World Bank (n.d.) and the US Department of Agriculture (USDA, n.d.).

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych Banku Światowego (World Bank, b.d.) i Departamentu Rolnictwa USA (USDA, b.d.).

For the purpose of this article, the above observations in Figures 10–12 may confirm the assumptions and hypothesis about the sensitivity of wheat prices to changes in stocks, and even the relatively high level of this sensitivity.

### Price Sensitivity Coefficient to Changes in Harvests and Stocks

The purpose of this article is to verify the assumptions made and confirm the hypothesis by analyzing the formation of the calculated price sensitivity coefficients to changes in the volume of harvests and stocks according to equation (4) in the derived model. On the basis of the obtained values, the coefficients were established, which are shown in Figures 13 and 14. They are the basis for inference. In addition to the sensitivity of prices relative to yields and stocks, sensitivity to wheat supply is also analyzed (Figure 14). This variable includes approximations of harvest and stocks. The change shown in Figures 13–15 was calculated based on the price sensitivity coefficients in Table 2.

Z punktu widzenia realizacji celu artykułu powyższe obserwacje na podstawie wykresów 10–12 mogą wskazywać na możliwość potwierdzenia przyjętych założeń i hipotezy co do wrażliwości cen pszenicy względem zmian zapasów, a nawet na jej względnie wysoką wartość.

### Współczynniki wrażliwości cen względem zmian zbiorów i zapasów

Celem artykułu jest weryfikacja przyjętych założeń i potwierdzenie hipotezy poprzez analizę kształtowania się obliczonych współczynników wrażliwości poziomu cen na zmiany wielkości zbiorów i zapasów zgodnie z równaniem (4) w wyprowadzonym modelu. Na podstawie uzyskanych wartości ustalono współczynniki, które zostały przedstawione na wykresach 13 i 14. Są one podstawą wnioskowania. Oprócz wrażliwości cen względem zbiorów i zapasów dodatkowo analizowana jest wrażliwość względem podaży pszenicy (wykr. 14). Zmienna ta w przybliżeniu obejmuje zbiory i zapasy. Poziom zmian przedstawionych na wykresach 13–15 został obliczony na podstawie współczynników wrażliwości cenowej zawartych w tabeli 2.



**Table 2. Price sensitivity coefficients – price change / change in stocks, production/supply (%)**  
**Tabela 2. Współczynniki wrażliwości cen – zmiana cen / zmiana zapasów, produkcji/podaży (%)**

Seasons / Sezony	US SRW No. 2 wheat (nominal) / Pszenica US SRW nr 2 (nominalna)			US HRW No. 2 wheat (nominal) / Pszenica US HRW nr 2 (nominalna)		
	beginning stocks / zapasy początkowe	harvests / zbiory	supply / podaż	beginning stocks / zapasy początkowe	harvests / zbiory	supply / podaż
1961/62	x	x	x	0.318	-0.184	-0.309
1962/63	x	x	x	-0.619	0.804	2.171
1963/64	x	x	x	0.028	-0.036	-0.073
1964/65	x	x	x	-0.648	0.315	0.498
1965/66	x	x	x	-1.030	5.651	-15.683
1966/67	x	x	x	-0.260	0.368	0.841
1967/68	x	x	x	0.099	-1.512	0.870
1968/69	x	x	x	-0.390	-0.410	-0.405
1969/70	x	x	x	-0.288	1.143	-7.547
1970/71	x	x	x	0.408	-7.243	1.667
1971/72	x	x	x	-0.559	1.014	3.498
1972/73	x	x	x	1.210	-6.794	26.712
1973/74	x	x	x	-6.250	11.839	29.990
1974/75	x	x	x	2.763	-9.634	-40.542
1975/76	x	x	x	10.730	23.493	19.185
1976/77	x	x	x	-1.641	-0.619	-0.700
1977/78	x	x	x	-0.477	2.536	-27.124
1978/79	x	x	x	-1.668	1.469	2.795
1979/80	x	x	x	1.085	-5.226	32.932
1980/81	-0.719	1.748	10.783	-0.727	1.767	10.902
1981/82	1.257	-3.891	-34.423	-0.199	0.617	5.462
1982/83	1,605.615	-2.286	-2.866	940.293	-1.339	-1.678
1983/84	0.231	1.447	0.718	-0.118	-0.740	-0.367
1984/85	0.177	0.422	0.326	-0.268	-0.639	-0.495
1985/86	-0.532	2.976	-6.339	-0.698	3.909	-8.327
1986/87	-1.340	-1.351	-1.348	-2.585	-2.605	-2.600
1987/88	-0.761	1.097	2.887	-0.252	0.363	0.956
1988/89	-1.519	-37.336	-4.959	-1.702	-41.844	-5.557
1989/90	-0.964	1.910	6.914	-1.093	2.166	7.842
1990/91	-14.658	-1.910	-2.316	-14.636	-1.907	-2.313
1991/92	-0.092	0.299	1.512	-0.201	0.657	3.318
1992/93	-2.604	4.264	11.551	-3.023	4.949	13.408
1993/94	-0.730	9.772	-4.443	-0.741	9.918	-4.509
1994/95	0.836	-0.442	-0.699	2.016	-1.067	-1.687
1995/96	-2.026	7.564	-33.613	-1.774	6.623	-29.431
1996/97	-2.415	1.471	2.358	-3.486	2.124	3.403
1997/98	-4.229	-4.699	-4.591	-4.197	-4.663	-4.556
1998/99	-1.097	6.935	-12.515	-1.026	6.485	-11.701
1999/00	-2.376	26.001	-13.016	-1.942	21.250	-10.638
2000/01	-25.810	-3.512	-4.543	-17.207	-2.341	-3.029
2001/02	-6.312	54.699	-35.248	-7.902	68.476	-44.126

cont. Table 2.

cd. Tabeli 2.

Seasons / Sezony	US SRW No. 2 wheat (nominal) / Pszenica US SRW nr 2 (nominalna)			US HRW No. 2 wheat (nominal) / Pszenica US HRW nr 2 (nominalna)		
	beginning stocks / zapasy początkowe	harvests / zbiory	supply / podaż	beginning stocks / zapasy początkowe	harvests / zbiory	supply / podaż
2002/03	-16.528	-8.792	-10.015	-13.431	-7.145	-8.139
2003/04	-0.400	-2.707	-1.075	0.079	0.533	0.212
2004/05	-0.219	0.332	0.808	-0.380	0.577	1.403
2005/06	-0.402	4.708	-3.674	-0.192	2.252	-1.757
2006/07	-8.217	-4.787	-5.230	-12.498	-7.282	-7.955
2007/08	-3.868	19.440	-81.722	-2.540	12.765	-53.665
2008/09	-3.599	1.163	1.527	-7.237	2.339	3.070
2009/10	-0.980	-63.712	-5.707	-0.972	-63.225	-5.663
2010/11	1.177	-4.310	-58.774	-0.011	0.040	0.544
2011/12	-12.950	3.316	4.743	-21.924	5.614	8.029
2012/13	16.906	-0.610	-0.794	-4.886	0.176	0.229
2013/14	0.650	-0.727	-1.438	0.033	-0.037	-0.072
2014/15	-1.026	-6.084	-3.048	-0.789	-4.681	-2.345
2015/16	-1.307	-15.411	-4.622	-2.331	-27.475	-8.240
2016/17	-1.481	-6.070	-3.515	-1.880	-7.705	-4.462
2017/18	0.136	2.342	0.467	0.579	9.974	1.989
2018/19	1.982	-3.595	-13.519	2.817	-5.112	-19.221
2019/20	-2.926	0.893	1.415	3.170	-0.967	-1.532
2020/21	1.620	4.209	2.932	3.079	8.001	5.574
2021/22	-5.102	24.106	-40.736	-7.787	36.787	-62.167
2022/23	-8.813	30.381	-163.209	-9.011	31.064	-166.881

Source: authors' own calculations based on data from the World Bank (n.d.) and the US Department of Agriculture (USDA, n.d.).  
Źródło: obliczenia własne na podstawie danych Banku Światowego (World Bank, b.d.) i Departamentu Rolnictwa USA (USDA, b.d.).

**Figure 13. Sensitivity coefficients of US HRW No. 2 wheat prices to changes in world market wheat harvests (%)**

**Wykres 13. Współczynniki wrażliwości cen pszenicy US HRW nr 2 na zmiany zbiorów pszenicy na światowym rynku (%)**



Source: authors' own calculations based on data used in previous Figures.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych wykorzystanych w poprzednich wykresach.

An analysis of the coefficient values in Figure 13 leads to a rather surprising conclusion about the relatively low sensitivity of wheat prices to the size of the harvest.<sup>6</sup> The values of this coefficient are arranged horizontally around zero. As expected, there are downward deviations, and negative values of this coefficient as a reaction of prices to an increase in the volume of the harvest. They are irregular, which can be regarded as the basis of price risk. Upward deviations are equally irregular, which are positive values of this coefficient as a price reaction to a decrease in harvest volume. They are lower than in the case of negative values of the analyzed coefficient. This seems to be in line with the model assumptions and confirms the hypothesis. Only its values in the 1982/83 season and in the last surveyed period (starting from the 2020/21 season) deviate from the assumed normal fluctuations of this coefficient.<sup>7</sup> The coefficients presented in Table 2 are highly irregular, which indicates a high price risk in wheat production.

On the other hand, high price sensitivity can be inferred from an analysis of Figure 14. Wheat prices are highly sensitive to changes in stock levels. Price sensitivity coefficients to changes in the stock volumes are mainly negative, reaching up to  $-20$  (disregarding the difficulty with explaining the increase in the form of the high values of this coefficient during the 1981/82–1983/84 period). Thus, the response of changes in the price to changes in the stock volumes, measured by the percentage decrease in prices in response to a 1% increase in the stock volume, is high and usually ranges from 5 to 16%. A comparison of the level of the coefficients of sensitivity of prices to harvests and to stocks shown in Figures 13 and 14 shows that prices are less sensitive to changes in the level of harvests and more sensitive to changes in the stock volume, which can be an important guide in market analysis and in the process of shaping agricultural policies. In the context of the purpose of this article, this confirms the model assumptions and the hypothesis.

<sup>6</sup> More precisely, the response in percentage terms of the price to a 1 percent change in the volume of stocks or harvest or supply.

<sup>7</sup> It can be assumed that the reason why this coefficient reached such high positive values was due to accounting considerations, namely in its denominator there were minimal (close to zero) changes in stocks (by less than 0.1%), and in the numerator there were negative price changes compared to the previous season (by 8.4–14.3% y/y). As it is well known, the closer to zero the value of the denominator, the greater its value. Over the past three seasons, price changes have been largely independent of market fundamentals, and this was due to the impact of the pandemic (in the 2020/21 and 2021/22 seasons) and the war in Ukraine (2022/23) on grain prices.

Z analizy wartości współczynnika na wykresie 13 można wyciągnąć dość zaskakujący wniosek o relatywnie niskiej wrażliwości cen pszenicy względem wielkości jej zbiorów<sup>6</sup>. Wartości tego współczynnika układają się horyzontalnie wokół zera. Zgodnie z oczekiwaniami pojawiają się odchylenia w dół, ujemne wartości tego współczynnika jako reakcja cen na wzrost wielkości zbiorów. Są one nieregularne, co można traktować jako podstawę ryzyka cenowego. Tak samo nieregularnie pojawiają się odchylenia w górę, tj. dodatnie wartości tego współczynnika jako reakcja ceny na zmniejszenie wielkości zbiorów. Są one niższe niż w przypadku ujemnych wartości analizowanego współczynnika. Jest to, jak się wydaje, zgodne z założeniami modelowymi i weryfikuje pozytywnie hipotezę. Jedynie jego wartości w sezonie 1982/83 oraz w ostatnim okresie analizy (począwszy od sezonu 2020/21) odbiegają od założonej normalności wahań tego współczynnika<sup>7</sup>. Współczynniki prezentowane w tabeli 2 charakteryzuje duża nieregularność, co świadczy o wysokim poziomie ryzyka cenowego w produkcji pszenicy.

Natomiast o wysokiej wrażliwości cen można wnioskować z analizy poziomu zmian przedstawionego na wykresie 14. Można zauważyć, że ceny pszenicy są bardzo wrażliwe na zmiany poziomu zapasów. Współczynniki cenowej wrażliwości na zmiany wielkości zapasów przyjmują głównie wartości ujemne, dochodzące nawet do  $-20$  (pominąwszy trudny do wytłumaczenia wzrost w postaci bardzo wysokich wartości tego współczynnika w okresie 1981/82–1983/84). Zatem reakcja zmian poziomu cen na zmiany wielkości zapasów mierzona procentowym spadkiem cen w reakcji na jednoprocenowy wzrost wielkości zapasów jest wysoka i najczęściej zawiera się w przedziale 5–16%. Porównując poziom współczynników wrażliwości cen względem zbiorów i względem zapasów przedstawionych na wykresach 13 i 14, można wysunąć wniosek, że ceny są mniej wrażliwe na zmiany poziomu zbiorów, a bardziej na zmiany wielkości zapasów, co może

<sup>6</sup> Dokładniej, reakcji w wyrażeniu procentowym poziomu ceny na jednoprocenową zmianę wielkości zapasów lub zbiorów czy podaży.

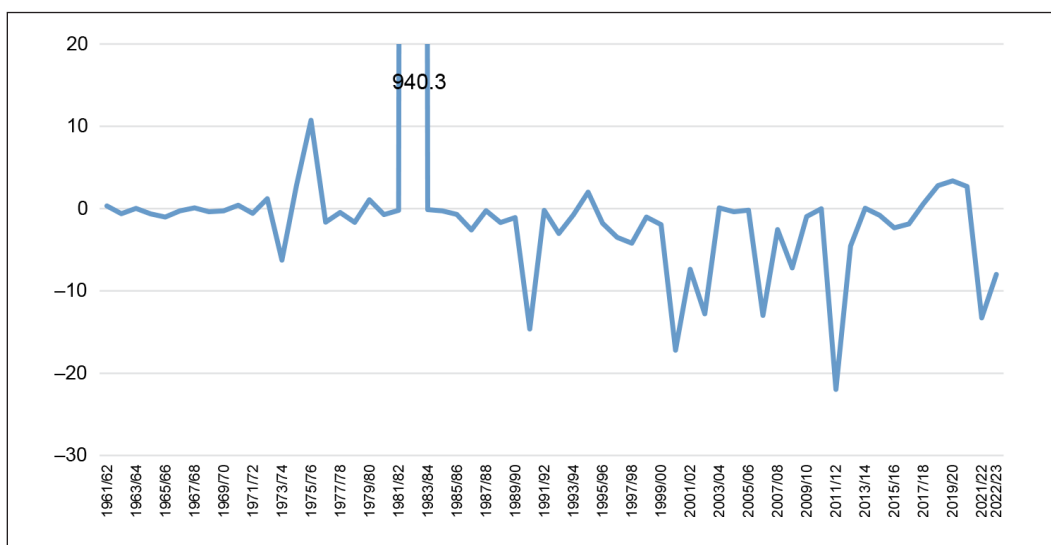
<sup>7</sup> Można przyjąć, że powodem osiągnięcia tak wysokich dodatnich wartości przez ten współczynnik były względy rachunkowe, mianowicie w jego mianowniku minimalne (bliskie zera) zmiany zapasów (o mniej niż 0,1%), a w liczniku były ujemne zmiany cen w stosunku do poprzedzającego sezonu (o 8,4–14,3% r/r). Jak wiadomo, czym bliższa zera wartość mianownika, tym większa jego wartość. W okresie ostatnich trzech sezonów zmiany cen przebiegały w dużym stopniu niezależnie od fundamentów rynku, a wynikało to z oddziaływania pandemii (w sezonach 2020/21 i 2021/22) i wojny w Ukrainie (2022/23) na ceny zbóż.



być istotną wskazówką przy analizie rynku oraz w procesie formułowania założeń polityki rolnej. Natomiast w kontekście celu artykułu potwierdza to przyjęte założenia modelowe i weryfikuje pozytywnie hipotezę.

**Figure 14. Sensitivity coefficients of US HRW No. 2 wheat prices to changes in the level of wheat beginning stocks on the global market (%)**

**Wykres 14. Współczynniki wrażliwości cen pszenicy US HRW nr 2 na zmiany poziomu zapasów początkowych pszenicy na światowym rynku (%)**

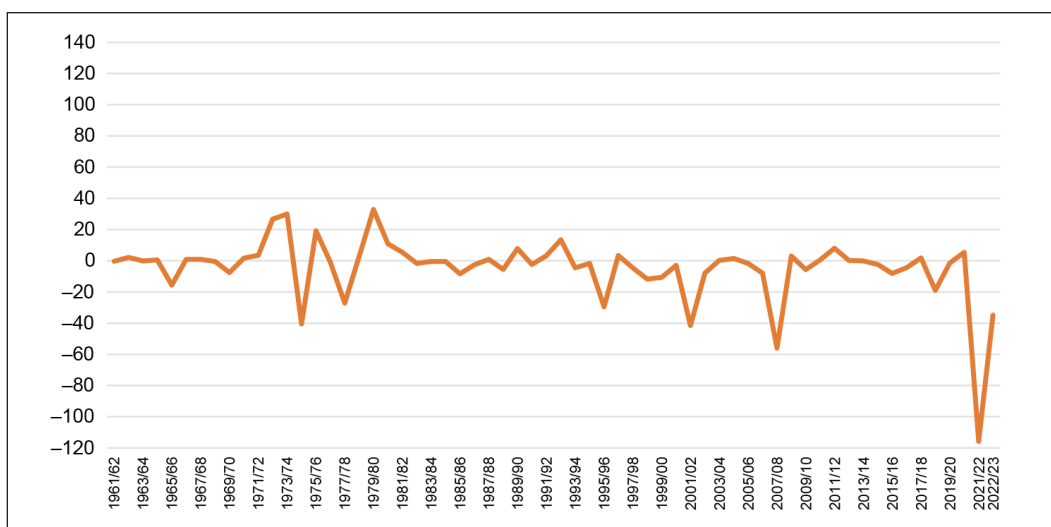


Source: authors' own calculations based on data used in previous Figures.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych wykorzystanych w poprzednich wykresach.

**Figure 15. Sensitivity coefficients of US HRW No. 2 wheat prices to changes in the level of supply<sup>a</sup> of wheat on the global market (%)**

**Wykres 15. Współczynniki wrażliwości cen pszenicy US HRW nr 2 na zmiany poziomu podaży<sup>a</sup> pszenicy na światowym rynku (%)**



<sup>a</sup> harvest + beginning stocks / zbiory plus zapasy początkowe

Source: authors' own calculations based on data used in previous Figures.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych wykorzystanych w poprzednich wykresach.

The analysis of changes in the value of the price sensitivity coefficient to changes in supply supports the conclusions reached above (Figure 15). Most often there are negative percentage changes in the price in response to 1% increases in supply, with a certain alternation and high irregularity, which gives rise to price risk. Percentage decreases in the price overwhelmingly fall in the range between 20 and 40% with deviations of up to 100% (from the level of the previous period). In addition, the negative sensitivity (to an increase in supply) is greater than the positive sensitivity (to a decrease in supply).

The conclusions of the analysis of the data presented in Figures 13–15, as well as in Table 2, validate the adopted model approach, which may be an aid in predicting and shaping agricultural policy.

### Summary

This article addresses the issue of price sensitivity to changes in supply factors, which is important for producers and processors as well as for market analysts and politicians. The subject of the analysis was the world wheat market, but the presented reasoning can also be applied to the domestic market. The basis for the reasoning and empirical analysis was the authors' own model approach. It identified the linkages that affect the sensitivity of price to changes in wheat harvests and stocks on the global market. The reasoning considered changes in harvests and stocks to be the cause, and changes in the price to be the effect. Using available empirical data, firstly the correlations between changes in harvests and stocks and the price of wheat were identified. Next, further correlations were presented, this time between changes in these supply quantities and changes in the wheat price. Finally, on this basis, the sensitivity coefficients of the wheat price to changes in the volume of harvests, changes in the volume of stocks, and changes in the total supply of wheat in the analyzed market were calculated. The price sensitivity coefficients were illustrated using graphs. The negative alternation assumed in the model of changes in the price in relation to changes in the volume of harvests and stocks was observed. This alternation also applied inversely, i.e., an increase in harvest and stock volume was matched by a response in the form of a decrease in the price level, and vice versa. There was a greater amplitude of fluctuation for changes in the price in response to changes in stock volume than for responses to changes in harvest volume. In addition,

Analiza poziomu zmian wartości współczynnika wrażliwości cen względem zmian podaży daje przesłanki do potwierdzenia powyższych wniosków (wykr. 15). Najczęściej występują ujemne procentowe zmiany poziomu ceny w reakcji na jednoprocetowe wzrosty podaży, o pewnej przemienności i dużej nieregularności, co rodzi ryzyko cenowe. Procentowe spadki poziomu cen w przewarzającej mierze mieszczą się w przedziale 20–40% z odstępstwami nawet do 100% (w stosunku do poziomu z poprzedniego okresu). Ponadto można zauważyć, że ujemna wrażliwość (na wzrost wielkości podaży) jest większa niż dodatnia (na zmniejszenie wielkości podaży).

Wnioski z analizy danych z wykresów 13–15, a także z tabeli 2, można przyjąć jako podstawę do pozytywnej weryfikacji przyjętego ujęcia modelowego, które może mieć pewną predykcijną przydatność i umożliwiać, czy ułatwiać formułowanie wskazówek dla polityki rolnej.

### Podsumowanie

W artykule podjęto istotną, zarówno dla producentów i przetwórców, jak również dla analityków rynku i polityków, kwestię wrażliwości cen na zmiany czynników podaży. Przedmiotem analizy był światowy rynek pszenicy, ale prezentowany tok myślenia można odnieść też do rynku krajowego. Podstawą rozumowania i analizy empirycznej było własne ujęcie modelowe. Określono w nim powiązania, które wpływają na wrażliwość poziomu cen na zmiany wielkości zbiorów i zapasów pszenicy na rynku światowym. W rozumowaniu za przyczynę brano były zmiany zbiorów i zapasów, a za skutek zmiany poziomu ceny. Wykorzystując dostępne dane empiryczne, w pierwszym wskazano powiązania między zmianami wielkości zbiorów i zapasów a poziomem cen pszenicy. Następnie przedstawiono zależności, ale już między zmianami tych wielkości podaży i zmianami poziomu ceny pszenicy. Na koniec na tej podstawie obliczono współczynniki wrażliwości poziomu cen pszenicy względem zmian wielkości zbiorów, zmian wielkości zapasów oraz zmian wielkości całkowitej podaży pszenicy na analizowanym rynku. Zilustrowano współczynniki wrażliwości cenowej za pomocą wykresów. Zaobserwowano założoną w modelu ujemną przemienność zmian poziomu cen w relacji do zmian wielkości zbiorów i zapasów. Przemienność ta działała w obie strony, tj. zwiększeniu wielkości zbiorów i wielkości zapasów odpowiadała reakcja w postaci spadku poziomu cen i odwrotnie. Wystąpiła większa amplituda wahań w przypadku zmian poziomu cen w reakcji na zmiany wielkości zapasów niż w przypadku reakcji na zmiany wielkości zbiorów. Ponadto, co może

and perhaps more importantly, the negative sensitivity of prices in response to increases in harvests and stocks was greater than the positive sensitivity of prices as a response to decreases in harvests and stocks, which is very important from the point of view of analyzing markets and developing agricultural policy. In a cognitive sense, the reasoning and empirical analysis carried out provided a basis, as emphasized in each point of the analysis, for confirming the model assumptions, as well as the adopted hypothesis. In addition, the proposed approach opens up the possibility for further research and analysis for other products and markets.

być ważniejsze, ujemna wrażliwość cen w reakcji na zwiększenie wielkości zbiorów i zapasów była większa niż w przypadku dodatniej wrażliwości cen jako reakcji na spadek wielkości zbiorów i zapasów, co jest bardzo ważne z punktu widzenia analizy rynków oraz opracowywania regulacji polityki rolnej. W sensie poznawczym przeprowadzone rozumowanie i analiza empiryczna dały podstawę, co podkreślano w każdym punkcie analizy, do pozytywnej weryfikacji założeń modelowych, jak i założonej hipotezy. Ponadto zaproponowane podejście otwiera pole do dalszych badań i analiz dla innych produktów i rynków.

**References / Bibliografia**

- Anderson, K. (2010). *The Political Economy of Agricultural Price Distortions*. Cambridge University Press.
- Baffes, J., & Haniotis, T. (2010). *Placing the 2006/08 Commodity Price Boom into Perspective*. Policy Research Working Paper, 5371. The World Bank Development Prospects Group. <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/df5d12ad-cf4f-5a8d-925c-0c57460eb83a/content>
- Enghiad, A., Ufer, D., Countryman, A.M., & Thilmany, D.D. (2017). An Overview of Global Wheat Market Fundamentals in an Era of Climate Concerns. *International Journal of Agronomy*, Article 3931897. <https://doi.org/10.1155/2017/3931897>
- Janzen, J.P., & Adjemian, M.K. (2017). Estimating the Location of World Wheat Price Discovery. *American Journal of Agricultural Economics*, 99(5), 1188–1207. <https://doi.org/10.1093/ajae/aax046>
- Janzen, J.P., Carter, C.A., Smith, A.D., & Adjemian, M.K. (2016). *Deconstructing Wheat Price Spikes: A Model of Supply and Demand, Financial Speculation, and Commodity Price Comovement*. Economic Research Report, 165. USDA. [https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/45199/46439\\_err165.pdf?v=0](https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/45199/46439_err165.pdf?v=0)
- Peters, G.H. (1969). G. Hallett: The Economics of Agricultural Policy. *The Economic Journal*, 79(315), 612–614. <https://doi.org/10.2307/2230403>
- Peters, M., Langley, S., & Wescott, P. (2009). Agricultural Commodity Price Spikes in the 1970s and 1990s: Valuable Lessons for Today. *Amber Waves*, 7(1), 16–23. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.124050>
- Tomek, W.G., & Myers, R.J. (1993). *Empirical Analysis of Agricultural Commodity Prices: A Viewpoint*. [Conference Paper]. Proceedings of the NCR-134 Conference on Applied Commodity Price Analysis, Forecasting, and Market Risk Management. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.285574>
- U.S. Department of Agriculture [USDA]. (n.d.). Production, Supply and Distribution. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>
- Waugh, F.V. (1990). *Demand and Price Analysis: Some Examples from Agriculture*. Technical Bulletin, 1316. USDA. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.171213>
- Wescott, P.C., & Hoffman, L.A. (1999). *Price Determination for Corn and Wheat: The Role of Market Factors and Government Programs*. Technical Bulletin, 1878. USDA. <https://www.ers.usda.gov/publications/pub-details/?pubid=47277>
- Working, H. (1949). The Theory of Price of Storage. *American Economic Review*, 39(6), 1254–1262. <https://www.scribd.com/document/688316105/Working-H-1949-The-Theory-of-Price-Storage-American-Economic-Review>
- World Bank. (n.d.). World Bank Commodity Price Data (The Pink Sheet). Annual Prices. <https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets>

Submission date / Data nadesłania: 26.07.2023.

Final revision date / Data ostatniej recenzji: 11.04.2024.

Acceptance date / Data akceptacji: 8.07.2024.

© 2024 Łopaciuk, W., & Rembisz, W. This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



Autorskie prawa osobiste: Łopaciuk, W. i Rembisz, W. (2024). Niniejszy artykuł został opublikowany w otwartym dostępie na licencji Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

