p-ISSN 0044-1600
e-ISSN 2392-3458

Zagadnienia Ekonomiki Rolnej
Problems of Agricultural Economics

www.zer.waw.pl

372(3) 2022, 85–107

TENDENCIES FOR USAGE OF RAPESEED OIL AND MAIZE FOR BIOCOMPONENT PRODUCTION IN POLAND BETWEEN 2015 AND 2020

TENDENCJE ZUŻYCIA OLEJU RZEPAKOWEGO I KUKURYDZY DO PRODUKCJI BIOKOMPONENTÓW W POLSCE W LATACH 2015–2020

ŁUKASZ CHMIELEWSKI

Citation: Chmielewski, Ł. (2022). Tendencies for Usage of Rapeseed Oil and Maize for Biocomponent Production in Poland Between 2015 and 2020 / Tendencje zużycia oleju rzepakowego i kukurydzy do produkcji biokomponentów w Polsce w latach 2015–2020. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej* / *Problems of Agricultural Economics*, 372(3), 85–107. https://doi.org/10.30858/zer/152476

Abstract

The aim of the article is to present the supply and demand situation on the market of rapeseed oil and maize used for fuel purposes in Poland, as well as analyze the relationship between their prices and production, as well as the consumption of gasoline and diesel fuel. The analysis covered the 2015–2020 period and was based on data from Statistics Poland, the National Support Center for Agriculture, and the Polish Oil Industry and Trade Organization. Statistical analysis showed that between 2015 and 2020 the dynamics of the usage of raw materials to produce biofuels exceeded the growth rate of their production and harvest. The assessment of the relationship between production and consumption of fuels in Poland showed that the demand from the fuel sector had a dominant influence on the prices of rapeseed oil and maize during the period under consideration, and fuel production had a less significant share in shaping wholesale prices of rapeseed oil and purchase prices of maize. Biofuels are an important and topical issue both in the context of the new energy policy of the European Union (EU) and Poland until 2040 and Russia's invasion of Ukraine, with one of the consequences being the energy crisis and the announcement of the EU becoming independent from Russian energy. In such a situation, biofuels and raw materials for their production may turn out to be an important element of improving energy security.

Keywords: biofuels, usage of rapeseed oil and maize for fuel purposes, price relationships.

JEL codes: C10, D40, D20.

Łukasz Chmielewski, MSc, Institute of Agricultural and Food Economics National Research Institute, Department of Agricultural Markets and Quantitative Methods; ul. Świętokrzyska 20, 00-002 Warsaw, Poland (lukasz.chmielewski@ierigz.waw.pl).
https://orcid.org/0000-0002-9558-6328

Abstrakt

W Polsce sytuacja podażowo-popytowa na rynku biopaliw jest determinowana legislacyjnie za sprawą obligatoryjnego zużycia. Głównymi surowcami do produkcji biokomponentów są olej rzepakowy i kukurydza. Branża rzepaku jest nastawiona na produkcję na cele paliwowe, a udział kukurydzy, z jakiej wytwarza się etanol, jest wyraźnie mniejszy. Celem artykułu jest prezentacja sytuacji podażowo-popytowej na rynku oleju rzepakowego i kukurydzy wykorzystywanych na cele paliwowe w Polsce, a także analiza relacji ich cen i produkcji oraz zużycia benzyny i oleju napędowego. Analizą objęto lata 2015–2020, wykorzystano dane Głównego Urzędu Statystycznego (GUS), Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa (KOWR) i Polskiej Organizacji Przemysłu i Handlu Naftowego (POPiHN). Analiza statystyczna wykazała, że w latach 2015–2020 dynamika zużycia surowców do produkcji biopaliw przewyższała tempo wzrostu ich produkcji i zbiorów. Ocena relacji produkcji i zużycia paliw w kraju wykazała, że dominujący wpływ na ceny oleju rzepakowego i kukurydzy miał w badanym okresie popyt ze strony sektora paliwowego, a produkcja paliw miała mniej istotny udział w kreowaniu cen hurtowych oleju rzepakowego i skupu kukurydzy. Biopaliwa są istotnym i aktualnym zagadnieniem zarówno w kontekście nowej polityki energetycznej Unii Europejskiej (UE) i Polski do 2040 roku, jak i inwazji Rosji na Ukrainę, czego jednym ze skutków jest kryzys energetyczny i zapowiedzi uniezależnienia się UE od rosyjskiej energii. W takiej sytuacji biopaliwa i surowce do ich produkcji mogą okazać się ważnym elementem poprawy bezpieczeństwa energetycznego.

Słowa kluczowe: biopaliwa, zużycie oleju rzepakowego i kukurydzy na cele paliwowe, relacje cen.

Kody JEL: C10, D40, D20.

Introduction

Biofuels are an important element of the energy policy of the European Union (EU) and Poland. The approach to them has changed over the years, evolving from supporting the production of fuels from agri-food raw materials to a partial reduction of their consumption in favor of advanced fuels, i.e., those made of non-food raw materials. However, many mechanisms to support biofuels have been retained, such as the mandatory threshold for their blending with fossil fuels. In the case of agri-food raw materials in Poland, biofuel is obtained mainly from rapeseed oil and maize. The fuel sector uses the domestic production of rapeseed oil to a large extent and the harvest of grain to a lesser extent.

Considering the consumption of biofuels and biocomponents forced and stimulated by legal regulations, it seems reasonable to analyze the relationship between the usage of raw materials and their production, as well as the use of raw materials and production and total fuel consumption, to determine whether the demand for or supply of fuels has a more significant impact on the usage of raw materials. The potential relationships between the production and consumption of fuels in Poland and the prices of agri-food raw materials used to produce biocomponents are also worth investigating.

The aim of the article is to present the supply and demand situation on the market of rapeseed oil and maize used for fuel purposes in Poland, as well as analyze the relationship between their prices and production,

Wstęp

Biopaliwa są istotnym elementem polityki energetycznej Unii Europejskiej (UE) i Polski. Podejście do nich zmieniało się na przestrzeni lat, ewoluując od wspierania produkcji paliw z surowców rolno-spożywczych do częściowego ograniczenia ich zużycia na rzecz paliw zaawansowanych, czyli powstałych z niespożywczych surowców. Utrzymano jednak wiele mechanizmów wspierających biopaliwa, jak obowiązkowy próg ich *blendingu* z paliwami kopalnymi. W przypadku surowców rolno-spożywczych w Polsce biopaliwo pozyskuje się przede wszystkim z oleju rzepakowego i kukurydzy. Sektor paliwowy w znacznym stopniu zagospodarowuje krajową produkcję oleju z rzepaku i w mniejszym zakresie zbiory ziarna zbóż.

W sytuacji wymuszonego i stymulowanego regulacjami prawnymi zużycia biopaliw i biokomponentów zasadnym wydaje się prześledzenie relacji zużycia surowców i ich produkcji, a także wykorzystania surowców i produkcji oraz zużycia paliw ogółem, by wskazać, czy popyt, czy raczej podaż paliw ma istotniejszy wpływ na zużycie surowców. Warto przeanalizować także potencjalne zależności między produkcją i zużyciem paliw w kraju a cenami surowców rolno-spożywczych, które są wykorzystywane do produkcji biokomponentów.

Celem artykułu jest prezentacja sytuacji podażowo-popytowej na rynku oleju rzepakowego i kukurydzy wykorzystywanych na cele paliwowe w Polsce, a także analiza relacji ich cen i produkcji

as well as the consumption of gasoline and diesel fuel. This is an important and topical issue both in the context of the new energy policy of the EU and Poland until 2040, and of Russia's invasion of Ukraine, with one of the consequences being the energy crisis and the announcement that the EU will become independent of Russian energy. In such a situation, biofuels and raw materials for their production may turn out to be an important element of improving energy security.

Materials and Methods

The analysis covered the 2015–2020 period to show the potential price relationships between raw materials to produce biocomponents and the production and consumption of fuels in Poland *in statu nascendi*, which is important from the point of view of redefining the EU energy policy and the energy crisis that hit Europe after Russia's invasion of Ukraine and due to the availability of data. The study uses published and unpublished data from Statistics Poland (Polish: GUS), published data from the National Support Center for Agriculture (Polish: KOWR) and the Polish Oil Industry and Trade Organization (Polish: POPiHN). The characteristics of the supply and demand situation were made by analyzing dynamics and variability. The coefficient of variation V was calculated by dividing the standard deviation by the arithmetic mean multiplied by 100% (Luderer et al., 2010). Correlation and linear regression analysis was used to determine the relationship between prices, production, and consumption. This allows for showing not only the strength of the relationship, but also the degree to which the variable describes a given phenomenon.

Biofuels in the World

Along with the rising crude oil prices and the improvement in the efficiency of agricultural production at the turn of the 20th and 21st centuries, biofuels began to be used as an alternative source of energy. Growing demand for fuels and limited resources of fossil fuels forced the interest in fuels from renewable sources. Biofuels were mainly produced from agricultural raw materials such as cereals, sugar cane or vegetable oils (Bušić et al., 2018). They were seen as an opportunity not only for energy independence, but also for the diversification of sources of income for farmers. However, the public opinion was quickly electrified by a debate about competition between the food and fuel sectors for the same raw material (Grochowska et al., 2013; Rosiak et al., 2011). The dispute was aggravated by the food crisis of 2007–2008 (Hamulczuk, 2017). As a result, biofuels began to be classified as first-generation biofuels, which are made of food raw

oraz zużycia benzyny i oleju napędowego. Jest to istotne i aktualne zagadnienie zarówno w kontekście nowej polityki energetycznej UE i Polski do 2040 roku, jak i inwazji Rosji na Ukrainę, czego jednym ze skutków jest kryzys energetyczny i zapowiedzi uniezależnienia się UE od rosyjskiej energii. W takiej sytuacji biopaliwa i surowce do ich produkcji mogą okazać się ważnym elementem poprawy bezpieczeństwa energetycznego.

Materiały i metody

Analizą objęto lata 2015–2020, by pokazać potencjalne zależności cenowe pomiędzy surowcami do produkcji biokomponentów a produkcją i zużyciem paliw w kraju *in statu nascendi*, co jest istotne z punktu widzenia redefinicji polityki energetycznej UE i kryzysu energetycznego, jaki dotknął Europę po inwazji Rosji na Ukrainę, a także ze względu na dostępność danych. Wykorzystano publikowane i niepublikowane dane Głównego Urzędu Statystycznego (GUS), publikowane dane Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa (KOWR) i Polskiej Organizacji Przemysłu i Handlu Naftowego (POPiHN). Charakterystykę sytuacji podażowo-popytowej wykonano z wykorzystaniem analizy dynamiki i zmienności. Współczynnik zmienności V obliczono, dzieląc odchylenie standardowe przez średnią arytmetyczną × 100% (Luderer i in., 2010). W celu określenia relacji cen oraz produkcji i zużycia użyto analizę korelacji i regresji liniowej. Pozwala to pokazać nie tylko siłę zależności, ale także stopień, w jakim zmienna opisuje dane zjawisko.

Biopaliwa na świecie

Wraz z rosnącymi notowaniami cen ropy naftowej i poprawą efektywności produkcji rolnej na przełomie XX i XXI wieku zaczęto sięgać po biopaliwa jako alternatywne źródło energii. Rosnący popyt na paliwa i ograniczone zasoby kopalnych surowców energetycznych wymuszały zainteresowanie paliwami z odnawialnych źródeł. Biopaliwa produkowano przede wszystkim z surowców rolnych jak zboża, trzcina cukrowa czy oleje roślinne (Bušić i in., 2018). Upatrywano w nich szansy nie tylko na niezależność energetyczną, ale także na dywersyfikację źródeł dochodu dla rolników. Szybko jednak opinię publiczną zelektryzowała debata o konkurencji sektora spożywczego i paliwowego o ten sam surowiec (Grochowska i in., 2013; Rosiak i in., 2011). Spór zaognił kryzys żywnościowy z lat 2007–2008 (Hamulczuk, 2017). W efekcie biopaliwa zaczęto klasyfikować jako pierwszej generacji, czyli powstałe ze spożywczych

materials such as cereals or oil, and second-generation biofuels that are made of non-food raw materials such as cellulose or post-production waste from food industry plants. Second-generation biofuels are also referred to as advanced biofuels (Duque et al., 2021). The literature on the subject also distinguishes third-generation biofuels obtained from algae (Pishvaee et al., 2020) and fourth-generation biofuels obtained from genetically modified algae (Aron et al., 2020; Shokravi et al., 2021).

The actual profits from the production and use of biofuels have been controversial, especially since the calorific (energy) value of bio-additives is lower than their counterparts based on fossil fuels (Ministry of Climate and Environment, 2020), which means that they should be used more than gasoline or oil to drive the same route. Considering only the fuel itself, the environmental benefit is obvious, as fuel from a renewable source is burned, and the emission of greenhouse gases is also clearly lower (the degree of reduction depends mainly on the type of raw material) as compared to the combustion of fossil fuels (Kotowski & Konopka, 2013; Owczuk, 2006). Biofuels also let us generate more energy than is needed to produce them (Hill, 2006). However, if we consider the overall process, from cultivation and harvesting (including fertilization or the operation of farm machinery), through production, and finally the consumption itself, it turns out that environmental costs are not so obvious (DeCicco et al., 2016), and the tangible impact on the results is that of, among others, optimization of fertilization, weather, and soil quality (Flénet, 2020) as well as production technology and the adopted research methodology (Hanaki & Portugal-Pereira, 2018). The British cross-sectional comparison of the research highlighted two important points. Firstly, first-generation biofuels reduce emissions, but the reduction rates are often too small to meet the latest EU requirements, such as the 60% emission reduction that can only be achieved by cane bioethanol and palm oil biodiesel. Secondly, the use of biofuels results in increased soil acidification and water eutrophication (Jeswani et al., 2020). Agricultural raw materials used to produce biofuels also require high water consumption (Dominguez-Faus et al., 2009; Institute of Medicine, 2014), which is not without significance, especially in the face of the observed climate changes. It is worth mentioning that the very profit from reducing CO_2 emissions resulting from the combustion of biofuels as compared to traditional fuels is sometimes questioned (Tucki et al., 2018).

Policymakers were also concerned about the allocation, especially in third countries, of more and more land for energy crops, which took place at the expense

surowców jak zboża czy olej, i drugiej generacji – wytworzone z niespożywczych surowców jak celuloza czy odpady poprodukcyjne z zakładów przemysłu spożywczego. Biopaliwa drugiej generacji określa się też mianem zaawansowanych (Duque i in., 2021). W literaturze przedmiotu wyróżnia się także biopaliwa trzeciej generacji pozyskiwane z alg (Pishvaee i in., 2020) oraz czwartej generacji z modyfikowanych genetycznie alg (Aron i in., 2020; Shokravi i in., 2021).

Kontrowersje budziły i budzą ciągle faktyczne zyski z produkcji i użycia biopaliw, zwłaszcza że wartość opałowa (energetyczna) biododatków jest niższa niż ich odpowiedników powstałych na bazie surowców kopalnych (Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2020), co sprawia, że należy ich więcej zużyć niż benzyny czy oleju napędowego do przejechania tej samej trasy. Biorąc pod uwagę wyłącznie samo paliwo, to zysk środowiskowy jest oczywisty, ponieważ spalane jest paliwo pochodzące z odnawialnego źródła, a dodatkowo emisja gazów cieplarnianych jest wyraźnie niższa (stopień redukcji zależy głównie od rodzaju surowca) wobec spalania paliw kopalnych (Kotowski i Konopka, 2013; Owczuk, 2006). Biopaliwa pozwalają też wygenerować więcej energii niż potrzeba do ich wytworzenia (Hill, 2006). Jeśli jednak wziąć pod uwagę całościowy proces, od uprawy i zbioru (w tym nawożenie czy praca maszyn polowych), przez produkcję, po wreszcie samo zużycie, to okazuje się, że koszty środowiskowe nie muszą być takie oczywiste (DeCicco i in., 2016), a wymierny wpływ na wyniki mają między innymi optymalizacja nawożenia, pogoda i jakość gleby (Flénet, 2020) oraz technologia produkcji i przyjęta metodologia badań (Hanaki i Portugal-Pereira, 2018). Brytyjskie przekrojowe porównanie badań uwypukliło dwie istotne kwestie. Po pierwsze, biopaliwa pierwszej generacji pozwalają na zmniejszenie emisji, ale stopień redukcji często bywa zbyt mały, żeby spełnić najnowsze wymogi UE, jak 60% redukcja emisji, na którą ma pozwalać jedynie bioetanol z trzciny cukrowej i biodiesel z oleju palmowego. Po drugie, użycie biopaliw prowadzi do wzrostu zakwaszenia gleby i eutrofizacji wód (Jeswani i in., 2020). Dodatkowo, surowce rolne do produkcji biopaliw wymagają dużego zużycia wody (Dominguez-Faus i in., 2009; Institute of Medicine, 2014), co nie pozostaje bez znaczenia zwłaszcza w obliczu obserwowanych zmian klimatycznych. Warto nadmienić, że sam zysk z redukcji emisji CO_2 w wyniku spalania biopaliw wobec paliw tradycyjnych bywa podważany (Tucki i in., 2018).

Obawy decydentów budziło również przeznaczanie, zwłaszcza w krajach trzecich, coraz większych obszarów pod uprawy energetyczne, co odbywało się kosztem areału pod uprawy żywnościowe lub

of the acreage for food crops or resulted in deforestation, as well as other environmentally unfavorable conversion to arable land. Therefore, the EU (as well as the United States) adopted the Indirect Land Use Change (ILUC) regulations to eliminate this type of activity in the production of biofuels (Ernst & Young, 2011, European Commission [EC], 2012). Despite such a change in approach, some countries developed the biofuel sector. In the United States, the main raw material is maize, in Brazil and India – sugar cane, in the EU – rapeseed and cereals, in Malaysia – palm oil (production is largely exported, including to the EU). Over the years, different countries have used different support mechanisms, such as the compulsory share of biofuel consumption, EU subsidies for energy crops or double counting of the consumption of biofuels obtained from certain raw materials, such as algae or nut shells.[1] The European Union has decided to limit first-generation fuels (limiting their future share), focusing on second-generation fuels, i.e., those produced from non-food raw materials, and on electromobility. The assumptions of the energy policy of the EU and Poland let us assume that, at least in the medium term, the fuel sector will generate demand for biofuels (International Energy Agency [IEA], 2021; Polish Oil Industry and Trade Organization, 2021).

Policy in the Biofuels Sector

In Poland, there is a national index target (NIT), which defines the mandatory minimum share of transport fuels from renewable sources in total fuel consumption. Between 2015 and 2020, it ranged from 7.1 to 8.5%. The national index target is systematically growing, as in 2021 it was established at 8.7%, in the next two years it will increase by 0.1 percentage point, and in 2024 by 0.2 percentage point. The minimum achievement of the NIT, which was 0.85 between 2012 and 2017 it, 0.86 in 2018, and 0.82 in 2019, and between 2020 and 2022 it was established at 0.80, enables, however, reducing the target, thanks to which the actual consumption may be lower (Gradziuk & Jendrzejewski, 2017). The national index target is calculated in terms of calorific value, not volume, due to the lower calorific value of biofuels than their fossil-based counterparts. Between 2018 and 2022, the minimum share of the biocomponent was 3.2% for gasoline, while for diesel fuel the target for 2018–2019 was set from

[1] In accordance with Directive (EU) 2015/1513 of the European Parliament and of the Council of September 9, 2015 (European Union [EU], 2015) and subsequent regulations.

skutkowało deforestacją, a także innymi niekorzystnymi środowiskowo przekształceniami na grunty orne. Dlatego UE (a także Stany Zjednoczone) przyjęła przepisy o pośredniej zmianie użytkowania gruntów (ang. *Indirect Land Use Change*, ILUC), żeby wyeliminować tego typu działania podczas produkcji biopaliw (Ernst & Young, 2011, European Commission [EC], 2012). Mimo takiej zmiany podejścia część państw rozwijała sektor biopaliw. W Stanach Zjednoczonych głównym surowcem jest kukurydza, w Brazylii i Indiach trzcina cukrowa, w UE rzepak i zboża, w Malezji olej palmowy (w dużej mierze produkcja jest eksportowana, w tym do UE). Na przestrzeni lat różne kraje stosowały zróżnicowane mechanizmy wsparcia, jak obowiązkowy udział zużycia biopaliw, unijne dopłaty do roślin energetycznych czy podwójne naliczenia zużycia biopaliw powstałych z niektórych surowców jak algi czy łupiny orzecha[1]. Unia Europejska postanowiła ograniczyć paliwa pierwszej generacji (ograniczając ich przyszły udział), stawiając na paliwa drugiej generacji, czyli produkowane z niespożywczych surowców, oraz na elektromobilność. Założenia polityki energetycznej UE i Polski pozwalają przyjąć, że przynajmniej w średniej perspektywie sektor paliwowy będzie generował popyt na biopaliwa (International Energy Agency [IEA], 2021; POPiHN, 2021).

Polityka w sektorze biopaliw

W Polsce obowiązuje narodowy cel wskaźnikowy (NCW), który określa obowiązkowy minimalny udział paliw transportowych ze źródeł odnawialnych w zużyciu paliw ogółem. W latach 2015–2020 wynosił od 7,1 do 8,5%. Narodowy cel wskaźnikowy systematycznie rośnie, gdyż w 2021 roku ustalono go na poziomie 8,7%, w kolejnych dwóch latach zwiększy się po 0,1 p.p., a w 2024 roku o 0,2 p.p. Minimalna realizacja NCW, która w latach 2012–2017 wynosiła 0,85, w 2018 roku 0,86, a 2019 roku 0,82, a na lata 2020–2022 ustalono ją na 0,80, umożliwia jednak redukcję celu, dzięki czemu faktyczne zużycie może być niższe (Gradziuk i Jendrzejewski, 2017). Narodowy cel wskaźnikowy jest liczony według wartości opałowej, a nie objętości ze względu na niższą wartość opałową biokomponentów niż ich odpowiedników powstałych na bazie surowców kopalnych. W latach 2018–2022 minimalny udział biokomponentu wynosił 3,2% dla benzyny, dla oleju napędowego cel wskaźnikowy w okresie

[1] Zgodnie z dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/1513 z dnia 9 września 2015 r. (European Union [EU], 2015) i kolejnymi regulacjami.

3.22 to 5.03% (different thresholds on a quarterly basis) and from 4.90 to 5.00% for 2020–2022.[2] Currently, in the case of diesel fuel, a 7% bio-additive is allowed, and in the case of gasoline, 10%.[3] Due to concerns about the safety of using gasoline with a 10% addition of bioethanol in older vehicles and legal requirements related to the necessity of simultaneous availability of dispensers with E5 and E10 fuel at gas stations, in practice in Poland almost only fuel with a 5% ethanol content is sold (Araszkiewicz, 2018). In Poland, B100 can also be used, i.e., a bioester that is an independent fuel. One of the raw materials for its production is rapeseed oil (Pilarski, 2009; Sander et al., 2017).

At the beginning of 2021, the Council of Ministers approved Poland' Energy Policy until 2040 (PEP40). This document sets new development directions for the fuel and energy sector in Poland. The goal is to move towards a low-carbon economy. The energy transformation focuses on, among others, the development of renewable energy sources (RES) and nuclear energy, as well as the improvement of energy efficiency and air quality. In the case of renewable energy, the emphasis was on wind and offshore energy, and biofuels are not a key element of the energy transformation. Nevertheless, according to PEP40, it is planned to maximize the use of conventional biocomponents produced from food and fodder raw materials and implement E10 and B10, i.e., gasoline and diesel fuel with a 10% bio-additive, respectively (Ministry of Climate and Environment, 2021). The document complies with the EU guidelines, but it was developed long before Russia's invasion of Ukraine and the energy crisis caused by the war in Europe. Currently, the EU declares that it will become independent from Russian energy, mainly natural gas and crude oil. Polish authorities are also taking similar actions. Therefore, it seems justified to correct the assumptions of the energy transformation so that the role of biofuels is greater. This would not only improve the country's energy security, but also reduce dependence on energy imports and could positively affect the financial results of farmers. This is important because opting out of rapeseed cultivation in favor of cereal cultivation may result in lower farmers' income (Gradziuk et al., 2021).

2018–2019 ustalono na od 3,22 do 5,03% (różne progi w ujęciu kwartalnym) i od 4,90 do 5,00% w latach 2020–2022[2]. Aktualnie w przypadku ON jest dopuszczony do obrotu 7% biododatek, a dla benzyn 10%[3]. Ze względu na obawy dotyczące bezpieczeństwa stosowania benzyny z 10% dodatkiem bioetanolu w starszych pojazdach i wymogi prawne związane z koniecznością jednoczesnej dostępności dystrybutorów z paliwem E5 i E10 na stacjach paliw w praktyce w Polsce jest sprzedawane prawie wyłącznie paliwo z 5% zawartością etanolu (Araszkiewicz, 2018). W Polsce może być używane także B100, czyli bioester stanowiący samoistne paliwo. Jednym z surowców do jego produkcji jest olej rzepakowy (Pilarski, 2009; Sander i in., 2017).

Na początku 2021 roku Rada Ministrów zatwierdziła „Politykę energetyczną Polski do 2040 r." (PEP40). Dokument ten wyznacza nowe kierunki rozwoju dla sektora paliwowo-energetycznego w kraju. Celem jest dążenie do gospodarki niskoemisyjnej. W transformacji energetycznej postawiono między innymi na rozwój odnawialnych źródeł energii (OZE) i energii jądrowej, a także poprawę efektywności energetycznej i jakości powietrza. W przypadku OZE nacisk został położony na energię wiatrową i morską, a biopaliwa nie są kluczowym elementem transformacji energetycznej. Niemniej jednak zgodnie z PEP40 są planowane maksymalizacja wykorzystania konwencjonalnych biokomponentów wytwarzanych z surowców spożywczych i paszowych oraz wdrożenie E10 i B10, czyli odpowiednio benzyny i oleju napędowego z 10% biododatkiem (Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2021). Dokument jest zgodny z unijnymi wytycznymi, ale opracowano go na długo przed inwazją Rosji na Ukrainę i kryzysem energetycznym, jaki ta wojna wywołała w Europie. Obecnie UE deklaruje uniezależnienie się od rosyjskiej energii, głównie gazu ziemnego i ropy naftowej. Polskie władze także podejmują takie działania. Dlatego też zasadnym wydaje się korekta założeń transformacji energetycznej, tak by rola biopaliw była większa. Umożliwiłoby to nie tylko poprawę bezpieczeństwa energetycznego kraju, ale także zmniejszyłoby uzależnienie od importu energii i mogło pozytywnie wpłynąć na wyniki finansowe rolników. To o tyle ważne, że rezygnacja z upraw

[2] Pursuant to the Act of November 24, 2017, amending the Act on biocomponents and liquid biofuels and certain other acts (Sejm of the Republic of Poland [Sejm of the Republic of Poland], 2017) and the Act of July 19, 2019, amending the Act on biocomponents and liquid biofuels and some other acts (Sejm of the Republic of Poland, 2019).

[3] In accordance with the ordinance of the Minister of Economy of 9 October 2015 on the quality requirements for liquid fuels (Ministry of Economy, 2015).

[2] Zgodnie z Ustawą z dnia 24 listopada 2017 r. o zmianie ustawy o biokomponentach i biopaliwach ciekłych oraz niektórych innych ustaw (Sejm Rzeczypospolitej Polskiej [Sejm RP], 2017) i Ustawą z dnia 19 lipca 2019 r. o zmianie ustawy o biokomponentach i biopaliwach ciekłych oraz niektórych innych ustaw (Sejm RP, 2019).

[3] Zgodnie z rozporządzeniem ministra gospodarki z dnia 9 października 2015 r. w sprawie wymagań jakościowych dla paliw ciekłych (Ministerstwo Gospodarki, 2015).

According to the EU guidelines (the so-called RED II), the share of energy from renewable sources in the final energy consumption in transport is to be at least 14% by 2030, including fuels from food and fodder crops up to 7%, and advanced biofuels and biogas (from non-food raw materials) at least 3.5%.[4] Limiting the share of biofuels from food raw materials, on which the Polish fuel sector is based, to 7% is a factor that inhibits the development of this sector and may adversely affect the ability to meet EU obligations (Kupczyk et al., 2017). At the same time, however, the current use of biofuels in the country and the assumptions regarding the Polish energy policy let us assume that, at least in the coming years, bioethanol and biodiesel may increase their share in the fuel market. In the medium term, fuel demand is expected to increase, but the climate neutrality agreed by EU countries by 2050 means that in the long term it will be necessary to reduce the consumption of gasoline and diesel fuel (IEA, 2021). It can be assumed that with the decrease in demand for fuels, the demand for biofuels will also decrease.

The ambitious targets set by the EU for the biofuels sector are perceived by part of the industry as an opportunity. An association of 19 EU and British bioethanol producers, which account for 85% of the production in the EU, ensures that its members' biofuel enables at least 75% reduction of greenhouse gas emission into the atmosphere. Therefore, bioethanol is to enable the fulfillment of the objectives of the Fit for 55 legislative package (European Renewable Ethanol Association [ePURE], 2021). However, it should be noted that the Green Deal assumes zero emissions for new cars from 2035 (cars will not be able to emit CO_2), which in practice may mean a ban on the sale of passenger cars with gasoline and diesel engines. In addition, according to the Farm to Fork Strategy, in 2030 pesticide usage is to be reduced by 50%, and mineral fertilizers by 20%, with a simultaneous increase in the share of organic farming to 25% of the cultivated area, which may have an impact on production results, and the aim of the concept itself is the orientation of agriculture towards the production of sustainable food, not energy raw materials (European Council; Council of the European Union, 2022). A change in the approach to biofuels may be forced by the war in Ukraine and its consequences in the energy sector. The European Union has decided to become independent from the import of crude oil and natural gas from Russia, which not only forces

[4] In accordance with Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of December 11, 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (RED II) (EU, 2018).

rzepaku na rzecz zbóż może doprowadzić do spadku dochodów rolników (Gradziuk i in., 2021).

Zgodnie z unijnymi wytycznymi (tzw. RED II) do 2030 roku udział energii z odnawialnych źródeł w końcowym zużyciu energii w transporcie ma wynieść przynajmniej 14%, w tym paliw z roślin spożywczych i pastewnych maksymalnie 7%, a zaawansowanych biopaliw i biogazu (z surowców niespożywczych) przynajmniej 3,5%[4]. Ograniczenie do 7% udziału biopaliw z surowców spożywczych, na których opiera się polski sektor paliwowy, jest czynnikiem hamującym rozwój tego sektora i może negatywnie wpłynąć na zdolność do wypełnienia unijnych zobowiązań (Kupczyk i in., 2017). Jednocześnie jednak obecne wykorzystanie biopaliw w kraju i założenia dotyczące polskiej polityki energetycznej pozwalają przyjąć, że przynajmniej w najbliższych latach bioetanol i biodiesel mogą zwiększyć swój udział w rynku paliw. W średnim horyzoncie oczekuje się wzrostu popytu na paliwa, ale uzgodniona przez kraje UE neutralność klimatyczna do 2050 roku sprawia, że w długim okresie konieczna będzie redukcja zużycia benzyn i oleju napędowego (IEA, 2021). Pozwala to przyjąć, że wraz ze spadkiem popytu na paliwa zmniejszy się także zapotrzebowanie na biopaliwa.

Ambitne cele, jakie UE stawia przed sektorem biopaliw, są odbierane przez część branży jako szansa. Związek zrzeszający 19 unijnych i brytyjskich producentów bioetanolu, którzy odpowiadają za 85% produkcji w UE, zapewnia, że biopaliwo jego członków pozwala na przynajmniej 75% redukcję gazów cieplarniach do atmosfery. Dlatego też taki bioetanol ma pozwolić na wypełnienie celów pakietu legislacyjnego Gotowi na 55 (European Renewable Ethanol Association [ePURE], 2021). Warto jednak pamiętać, że Zielony Ład zakłada od 2035 roku zeroemisyjność dla nowych samochodów (auta nie będą mogły emitować CO_2), co w praktyce może oznaczać zakaz sprzedaży aut osobowych z silnikami benzynowymi i diesla. Dodatkowo, zgodnie ze strategią „Od pola do stołu", w 2030 roku zużycie pestycydów ma być mniejsze o 50%, a nawozów mineralnych o 20%, przy jednoczesnym wzroście udziału rolnictwa ekologicznego do 25% powierzchni upraw, co może mieć wpływ na wyniki produkcyjne, a celem samej koncepcji jest orientacja rolnictwa w kierunku produkcji zrównoważonej żywności, a nie surowców energetycznych (Rada Europejska; Rada Unii Europejskiej, 2022). Zmianę podejścia do biopaliw może wymusić wojna w Ukrainie i jej

[4] Zgodnie z dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (tzw. RED II) (EU, 2018).

the diversification of supplies, but also enables the intensified use of biofuels. Considering that natural gas is an important element of the EU green transformation, regarded as a sustainable transition fuel, it seems that in the current geopolitical situation, the assumptions of the Green Deal in the field of energy transformation need to be adjusted, which could be benefited by biofuels, e.g., by improving the availability of fuels with a higher content of bio-additive, such as E10. It also seems justified to consider reducing the consumption limits of first-generation fuels, and even increasing the mandatory blending threshold.

The Fuel Sector in Poland

Poland is a large importer of crude oil, as domestic production satisfies 3–4% of the demand. Fuels are also imported, and the share of imports in their consumption is approximately 11% for gasoline and approximately 26% for diesel fuel (Polish Oil Industry and Trade Organization, 2021). Between 2015 and 2020, total fuel production in Poland increased by 0.8% to 25.76 million m^3, amounting to an annual average of 25.16 million m^3. The average annual growth rate was 0.2%, and the production was subject to slight fluctuations (V = 4.2%). During the same period, total fuel consumption in the country increased by 26.0% to 32.842 million m^3, amounting to an annual average of 31.567 million m^3. The average growth rate was 4.7%. The consumption also did not change significantly (V = 10.5%), but the coefficient of variation was noticeably higher than that of production. The deficit is satisfied with imports. Between 2015 and 2020, the production of diesel fuel increased by 13.9% to 16.362 million m^3, amounting to an annual average of 2.6%. The consumption increased by 39.1% to 20.703 million m^3, with the average annual rate of 6.8% (Table 1). The strong dynamics of consumption growth mainly results from the elimination of the gray economy in diesel fuel turnover (Szałkowski, 2017). Between 2015 and 2020, gasoline production in Poland amounted to an annual average of 5,788.8 m^3 thousand tonnes, the average annual growth rate was 0.2%. Gasoline consumption was slightly higher with an annual average of 5,804.3 thousand m^3 and a higher growth rate of 3.4% per year (Table 1). The decline in fuel production and consumption in 2020 results from the COVID-19 pandemic and the restrictive remedial measures introduced because of it, as well as the change of the work model to remote or hybrid.

konsekwencje w sektorze energetycznym. Unia Europejska zdecydowała się uniezależnić od importu ropy naftowej i gazu ziemnego z Rosji, co wymusza nie tylko dywersyfikację zaopatrzenia, ale pozwala także na intensyfikację użycia właśnie biopaliw. Biorąc pod uwagę fakt, że ważnym elementem unijnej zielonej transformacji jest gaz ziemny, uznany zrównoważonym paliwem przejściowym, wydaje się, że w obecnej sytuacji geopolitycznej założenia Zielonego Ładu w zakresie transformacji energetycznej wymagają korekty, beneficjentem której mogłyby być właśnie biopaliwa, np. poprzez poprawę dostępności paliw o wyższej zawartości biododatku jak E10. Zasadnym wydaje się także rozważenie zmniejszenia limitów zużycia paliw pierwszej generacji, a nawet zwiększenie obowiązkowego progu *blendingu*.

Sektor paliwowy w Polsce

Polska jest dużym importerem ropy naftowej, gdyż krajowa produkcja zaspokaja 3–4% zapotrzebowania. Przedmiotem importu są także paliwa, a udział przywozu w ich zużyciu wynosi około 11% dla benzyn i około 26% dla oleju napędowego (POPiHN, 2021). W latach 2015–2020 produkcja paliw ogółem w Polsce wzrosła o 0,8% do 25,76 mln m^3, wynosząc średniorocznie 25,16 mln m^3. Średnioroczne tempo wzrostu wyniosło 0,2%, a produkcja podlegała niewielkim wahaniom (V = 4,2%). W analogicznym okresie zużycie paliw ogółem w kraju wzrosło o 26,0% do 32,842 mln m^3 i w ujęciu średniorocznym wyniosło 31,567 mln m^3. Średnie tempo wzrostu wyniosło 4,7%. Zużycie także nie podlegało istotnym zmianom (V = 10,5%), ale współczynnik zmienności był zauważalnie wyższy niż dla produkcji. Deficyt zaspokajany jest importem. W okresie 2015–2020 produkcja oleju napędowego wzrosła o 13,9% do 16,362 mln m^3, średniorocznie o 2,6%. Zużycie wzrosło o 39,1% do 20,703 mln m^3, przy średnim rocznie tempie 6,8% (tabela 1). Silna dynamika wzrostu zużycia to głównie skutek likwidacji szarej strefy w obrocie ON (Szałkowski, 2017). W okresie 2015–2020 produkcja benzyny w Polsce wyniosła średniorocznie 5788,8 tys. m^3, średnioroczne tempo wzrostu zaś 0,2%. Zużycie benzyny było nieznacznie wyższe – średniorocznie 5804,3 tys. m^3, przy wyższym tempie wzrostu 3,4% rocznie (tabela 1). Spadek produkcji i zużycia paliw w 2020 roku to skutek pandemii COVID-19 i wprowadzonych z jej powodu restrykcyjnych środków zaradczych, a także zmiany modelu pracy na zdalny lub hybrydowy.

Table 1. Production and consumption of fuels in Poland between 2015 and2020 (thousand m^3)
Tabela 1. Produkcja i zużycie paliw w Polsce w latach 2015–2020 (tys. m^3)

Item/ Wyszczególnienie	2020	2015 = 100%	Average annual dynamics (%) / Średnioroczna dynamika (%)	Coefficient of variation (%) / Współczynnik zmienności (%)
Production / Produkcja				
Gasoline (E95) / Benzyna (E95)	5,671	1.1	0.2	4.3
Diesel fuel / Olej napędowy (ON)	16,362	13.9	2.6	6.6
Total fuels / Paliwa ogółem	25,760	0.8	0.2	4.2
Consumption / Zużycie				
Gasoline (E95) / Benzyna (E95)	5,965	18.3	3.4	8.8
Diesel fuel / Olej napędowy (ON)	20,703	39.1	6.8	12.8
Total fuels / Paliwa ogółem	32,842	26.0	4.7	10.5

Source: author's own study based on data from the Polish Oil Industry and Trade Organization (2021).
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych POPiHN (2021).

Between 2015 and 2020, a statistically significant linear relationship between the total production of fuels and their consumption was observed (correlation: R = 0.68) with a simultaneous statistically insignificant covariance of the variables (linear regression: R^2 = 0.46), which can be explained by the fact that part of the demand for fuel is satisfied by its import. Similar relationships were observed in the case of gasoline and diesel fuel, while the relationship between the consumption and production of E95 (correlation: R = 0.82, linear regression: R^2 = 0.67) was greater than that of diesel fuel consumption and its production (correlation: R = 0.71, linear regression: R^2 = 0.50). The reason is the higher share of diesel fuel imports than gasoline in its consumption (Figure 1).

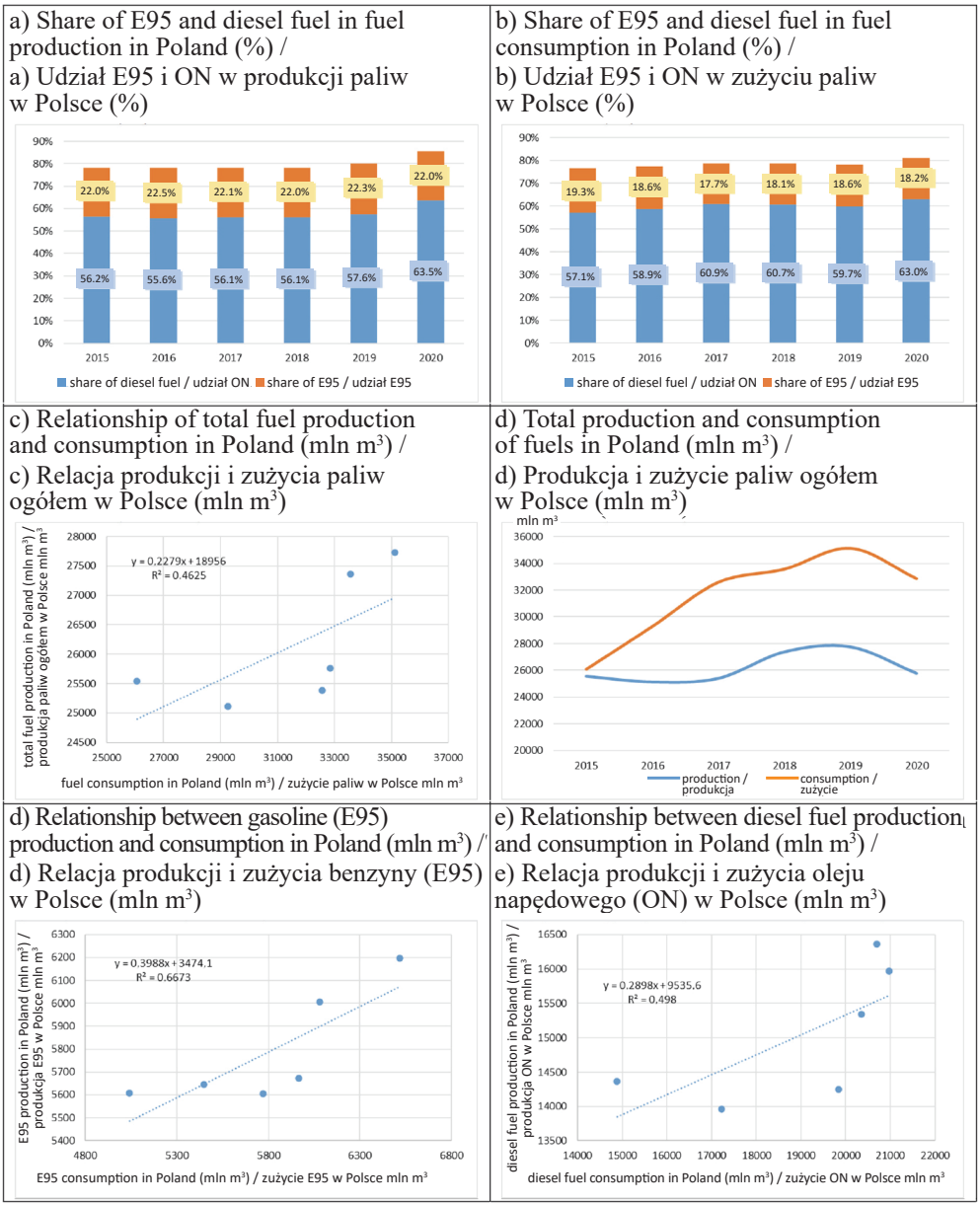
Between 2015 and 2020, diesel fuel dominated both the commodity structure of production and consumption of liquid fuels in Poland, with its share being slightly higher in the case of consumption. The average share of diesel fuel in the production of fuels in Poland during the period under consideration amounted to 57.5%, ranging between 55.6 and 63.5%. However, in the consumption structure, the share was on average 60.1%, oscillating between 57.1 and 63.0%. In both cases, an upward trend was observed (Figure 1).

W latach 2015–2020 obserwowano istotną statystycznie zależność liniową między produkcją paliw ogółem a ich zużyciem (korelacja: R = 0,68) przy jednoczesnej nieistotnej statystycznie współzmienności tych zmiennych (regresja liniowa: R^2 = 0,46), co można tłumaczyć tym, że część popytu na paliwa zaspokajana jest jego importem. Podobne zależności zaobserwowano w przypadku benzyny i oleju napędowego, przy czym relacja zużycia i produkcji E95 (korelacja: R = 0,82, regresja liniowa: R^2 = 0,67) była większa niż zużycia ON i jego produkcji (korelacja: R = 0,71, regresja liniowa: R^2 = 0,50). Powodem jest większy udział importu oleju napędowego niż benzyny w jego zużyciu (rysunek 1).

W latach 2015–2020 zarówno w strukturze towarowej produkcji, jak i zużycia paliw płynnych w Polsce dominował olej napędowy (ON), przy czym jego udział był nieco wyższy w przypadku zużycia. Średni udział ON w produkcji paliw w Polsce w omawianym okresie wyniósł 57,5%, wahając się między 55,6 a 63,5%. Natomiast w strukturze zużycia udział ten wyniósł średnio 60,1%, oscylując między 57,1 a 63,0%. W obu przypadkach obserwowano trend wzrostowy (rysunek 1).

Figure 1. Production and consumption of total fuels, gasoline, and diesel fuel in Poland between 2015 and 2020 and their structure

Rysunek 1. Produkcja i zużycie paliw ogółem, benzyny i oleju napędowego w Polsce w latach 2015–2020 oraz ich struktura



Source: author's own study based on data from the Polish of Oil Industry and Trade Organization (2021).

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych POPiHN (2021).

Usage of Raw Materials for Fuel Purposes and Implementation of the NIT

Between 2015 and 2020, the share of rapeseed oil usage for fuel purposes in its production amounted to an average of 69.9%. It should be noted that between 2015 and 2017 this share increased successively, reaching 78.0%, whereas between 2018 and 2020 it decreased to 66.1%. Changes in the share are

Zużycie surowców na cele paliwowe i realizacja NCW

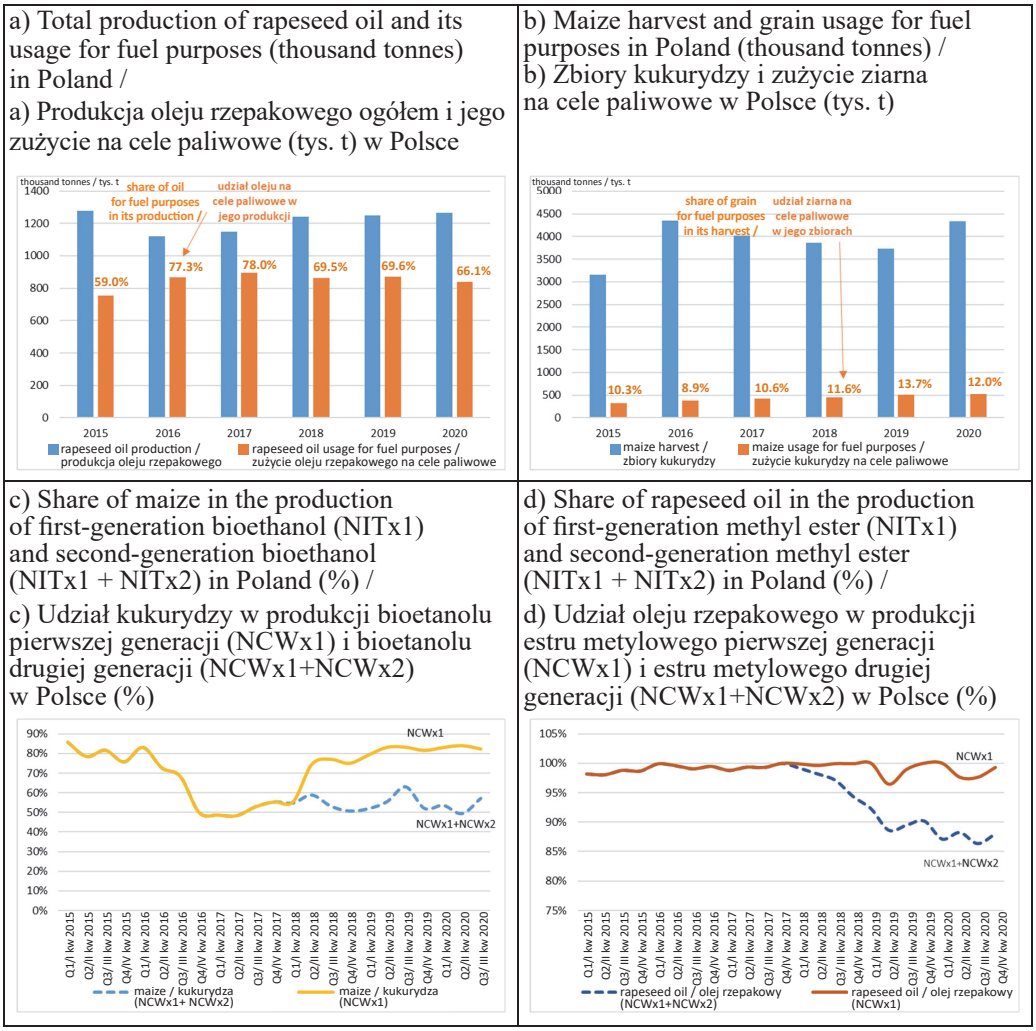
W latach 2015–2020 udział zużycia oleju rzepakowego na cele paliwowe w jego produkcji wyniósł średnio 69,9%. Należy zaznaczyć, że w latach 2015–2017 udział ten wzrastał sukcesywnie, sięgając 78,0%, a w latach 2018–2020 zmniejszał się do 66,1%. Zmiany udziału to wypadkowa wzrostu

the result of an increase in the supply of raw material and the growing demand from the fuel sector. In the case of managing maize harvest, the share of grain for fuel purposes amounted to an average of 11.2%, and despite the fluctuations, it showed an upward trend, which should be associated with an increase in gasoline consumption in Poland (Figure 2).

podaży surowca i rosnącego popytu ze strony sektora paliwowego. W przypadku zagospodarowania zbiorów kukurydzy udział ziarna na cele paliwowe wyniósł średnio 11,2%, a mimo wahań wykazywał wzrostową tendencję, co należy łączyć ze wzrostem zużycia benzyny w kraju (rysunek 2).

Figure 2. Usage of maize and rapeseed oil for fuel purposes and their production, the share of maize and rapeseed oil used for biocomponent production in the implementation of the NIT between 2015 and 2020

Rysunek 2. Zużycie kukurydzy i oleju rzepakowego na cele paliwowe i ich produkcja, udział kukurydzy i oleju rzepakowego do produkcji biokomponentów w realizacji wskaźnika NCW w latach 2015–2020



Source: author's own study based on data from the National Support Center for Agriculture (2017).

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KOWR-u (2017).

Between 2015 and 2020, both the share of maize and rapeseed oil in the structure of total raw material base to produce bioethanol and methyl ester, respectively, for biocomponents showed a downward trend. The share of maize averaged 60.4%, ranging from 80.3

W latach 2015–2020 zarówno udział kukurydzy, jak i oleju rzepakowego w strukturze bazy surowcowej ogółem do produkcji odpowiednio bioetanolu i estru metylowego do produkcji biokomponentów wykazywał tendencję spadkową. Udział kukurydzy wyniósł średnio 60,4%, wahając się od 80,3 do

to 51.2%. In turn, the share of rapeseed oil[5] accounted for 95.4% of all raw materials, oscillating between 99.5 and 87.5%. Maize and rapeseed oil are raw materials that meet the criteria of sustainable development, which do not entitle the biocomponents produced from them to be counted twice for the implementation of the NIT. Until 2017 inclusive, no biocomponents were produced in Poland from raw materials that would enable such a calculation. Since 2018, after adjusting Polish regulations to EU requirements, such production has started, and the main quantitative new raw materials are waste starch and used cooking oil. As a result, the share of maize and rapeseed oil in the raw material structure of total production decreased, however, it remained in the structure of raw materials enabling one-time NIT implementation, where it was on average 72.4 and 99.1%, respectively. Due to the need to increase the consumption of second-generation biofuels, i.e., those that were not produced from food raw materials, it should be expected that the role of rapeseed oil and maize will be gradually reduced in the structure of the raw material base to produce biocomponents (Figure 2).

Rapeseed Oil and Biodiesel

Rapeseed is used to produce oil, which is intended for food and technical purposes, including fuel, for which about 66% of the rapeseed harvest are allocated (Polish Association of Oil Producers [PSPO], 2022). Poland is also a significant importer and exporter of rape seed. Between 2017/2018 and 2021/2022 seasons, exports and imports accounted for approximately 13 and 18% of the harvest, respectively (Rosiak, 2021). The by-products are oil cakes and rapeseed meal, used primarily to produce fodder. Between 2015 and 2020, rapeseed harvest in Poland was characterized by little variability (V = 11.7%) and increased by 8.1% to 2,920 thousand tonnes, amounting to an annual average of 2,518.8 thousand tonnes. The average growth rate was 1.6% per year. Rapeseed purchase during this period decreased by 0.6% to 1,886.8 thousand tonnes, amounting to 1,684.0 thousand tonnes. Therefore, the average annual harvest dynamics was −0.1%. The purchase volume did not fluctuate significantly (V = 12.3%) (Table 2).

Between 2015 and 2020, the total production of rapeseed oil in Poland amounted to an annual average of 1,216.8 thousand tonnes, ranging from 1,119.5 to 1,276.6 thousand tonnes. 2015 was a record year; in subsequent years the production results were worse and, as a result, production decreased by 0.8%, and the average annual rate of decline was −0.2%. It is worth noting

[5] Rapeseed oil is also used to produce biopropane and liquid biocarbons to a small extent.

51,2%. Z kolei udział oleju rzepakowego[5] stanowił 95,4% ogółu surowców, oscylując między 99,5 a 87,5%. Kukurydza i olej rzepakowy są surowcami spełniającymi kryteria zrównoważonego rozwoju, które nie uprawniają wytworzonych z nich biokomponentów do podwójnego zaliczenia realizacji NCW. Do 2017 roku włącznie nie wytwarzano w Polsce biokomponentów z surowców umożliwiających takie naliczenie. Od 2018 roku, po dostosowaniu polskich przepisów do unijnych wymogów, taka produkcja ruszyła, a głównymi ilościowo nowymi surowcami są skrobia odpadowa i zużyty olej kuchenny. W efekcie udział kukurydzy i oleju rzepakowego w strukturze surowcowej produkcji ogółem spadł, utrzymał się jednak w strukturze surowców umożliwiających jednokrotną realizację NCW, gdzie wyniósł średnio odpowiednio 72,4 i 99,1%. Ze względu na konieczność wzrostu zużycia biopaliw drugiej generacji, czyli takich, które nie powstały ze spożywczych surowców, należy spodziewać się dalszego, stopniowego ograniczania roli oleju rzepakowego i kukurydzy w strukturze bazy surowcowej do produkcji biokomponentów (rysunek 2).

Olej rzepakowy i biodiesel

Nasiona rzepaku są wykorzystywane do produkcji oleju, który jest przeznaczany na cele spożywcze i techniczne, w tym na cele paliwowe, gdzie trafia około 66% zbiorów rzepaku (Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju [PSPO], 2022). Polska jest także znaczącym importerem i eksporterem nasion rzepaku. W sezonach 2017/2018–2021/2022 wywóz stanowił ok. 13% zbiorów, a przywóz ok. 18% (Rosiak, 2021). Produktem ubocznym są makuchy i śruta rzepakowa, wykorzystywane przede wszystkim do produkcji pasz. W latach 2015–2020 zbiory rzepaku w Polsce charakteryzowały się niewielką zmiennością (V = 11,7%) i wzrosły o 8,1% do 2920 tys. ton, wynosząc średniorocznie 2518,8 tys. ton. Średnie tempo wzrostu wyniosło 1,6% rocznie. Skup rzepaku w tym okresie spadł o 0,6% do 1886,8 tys. ton, wynosząc średniorocznie 1684,0 tys. ton. Dlatego też średnioroczna dynamika zbiorów wyniosło −0,1%. Wolumen skupu nie ulegał znacznym wahaniom (V = 12,3%) (tabela 2).

W latach 2015–2020 produkcja oleju rzepakowego ogółem w Polsce wyniosła średniorocznie 1216,8 tys. ton, wahając się od 1119,5 do 1276,6 tys. ton. Rekordowy był 2015 rok, w kolejnych wyniki produkcyjne był gorsze i w efekcie produkcja zmniejszyła się o 0,8%, a średnioroczne tempo spadku wyniosło −0,2%. Warto odnotować, że po załamaniu w 2016 roku wolumen wytworzonego oleju

[5] Olej rzepakowy jest wykorzystywany także w niewielkim zakresie do produkcji biopropanu i biowęglowodorów ciekłych.

that after the collapse in 2016, the volume of rapeseed oil produced showed an upward trend, and as a result the coefficient of variation was only 5.4%. Between 2015 and 2020, an annual average of 847.1 thousand tonnes of rapeseed oil were allocated to produce methyl ester for biocomponents in Poland. The volume of oil for fuel purposes did not show significant volatility (V = 5.9%), oscillating between 752.7 and 896.4 thousand tons. The average annual growth rate was 2.2%. Between 2015 and 2020, the amount of oil to produce esters increased by 11.3% to 837.4 thousand tonnes. The share of rapeseed oil used for biocomponents in the total production of rapeseed oil amounted to an average of 69.9% (ranging from 59.0 to 78.0%). With such a large share of rapeseed oil used for fuel purposes in its production and high, positive growth dynamics of rapeseed oil usage for ester production and, at the same time, a slight decrease in the total production of rapeseed oil, it seems reasonable to analyze the relationship between the raw material and production base of the domestic rapeseed sector and the balance of diesel fuel (Table 2).

rzepakowego wykazywał jednak tendencję wzrostową, w efekcie współczynnik zmienności wyniósł tylko 5,4%. W latach 2015–2020 do produkcji estru metylowego do produkcji biokomponentów w Polsce przeznaczano średniorocznie 847,1 tys. ton oleju rzepakowego. Wolumen oleju na cele paliwowe nie wykazywał istotnej zmienności (V = 5,9%), oscylując między 752,7 a 896,4 tys. ton. Średnioroczne tempo wzrostu wyniosło 2,2%. W latach 2015–2020 ilość oleju do produkcji estrów zwiększyła się o 11,3% do 837,4 tys. ton. Udział zużycia oleju rzepakowego do produkcji biokomponentów w produkcji oleju rzepakowego ogółem wyniósł średnio 69,9% (wahając się od 59,0 do 78,0%). Przy tak dużym udziale zużycia oleju rzepakowego na cele paliwowe w jego produkcji i wysokiej, dodatniej dynamice wzrostu zużycia oleju do produkcji estrów i jednoczesnym niewielkim spadku produkcji oleju rzepakowego ogółem, zasadnym wydaje się prześledzenie relacji bazy surowcowej i produkcyjnej krajowego sektora rzepaku i bilansu oleju napędowego (tabela 2).

Table 2. Harvest and purchase of rapeseed, production of rapeseed oil and its usage for fuel purposes in Poland between 2015 and 2020 (thousand tonnes)

Tabela 2. Zbiory i skup rzepaku, produkcja oleju rzepakowego i jego zużycie na cele paliwowe w Polsce w latach 2015–2020 (tys. t)

Item / Wyszczególnienie	2020	2015 = 100%	Average annual dynamics (%) / Średnioroczna dynamika (%)	Coefficient of variation (%) / Współczynnik zmienności (%)
Rapeseed / Rzepak				
Harvest / Zbiory	2,920	8.1	1.6	11.7
Purchase/ Skup	1,886.8	−0.6	−0.1	12.3
Rapeseed oil / Olej rzepakowy				
Production / Produkcja	1,154.8	−0.8	−0.2	5.4
Usage for fuel purposes / Zużycie na cele paliwowe	837.4	11.3	2.2	5.9

Source: author's own study based on unpublished data from Statistics Poland and data from the National Support Center for Agriculture (2017).

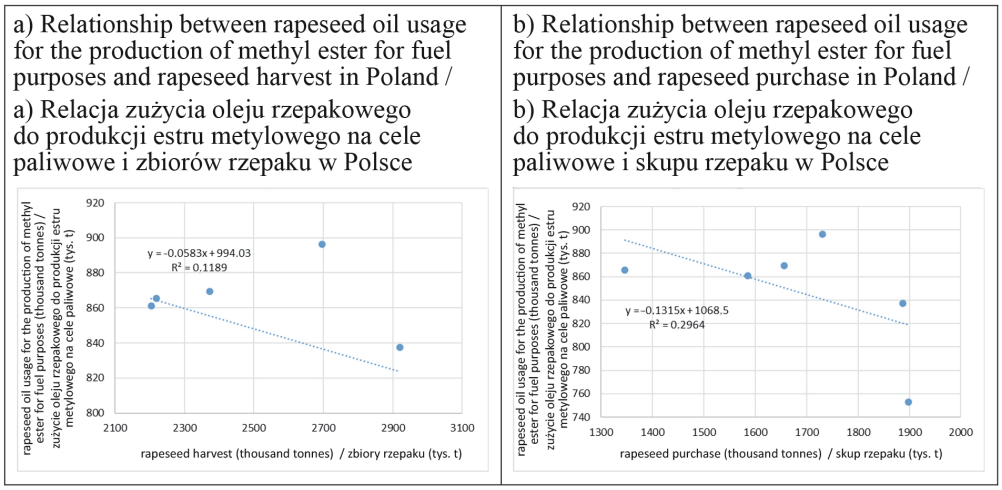
Źródło: opracowanie własne na podstawie niepublikowanych danych GUS-u oraz danych KOWR-u (2017).

In the case of the market for rapeseed and derivative products, the statistical analysis showed several regularities. No statistically significant correlation was observed between the rape harvest and the volume of rapeseed oil production, from which methyl ester is formed to produce biocomponents (correlation: R = −0.34; linear regression R^2 = 0.12). Slightly stronger relationships were observed for rapeseed purchase and oil usage for fuel purposes (correlation: R = −0.54; linear regression R^2 = 0.30). The reasons can be seen in the demand and the structure of harvest management stimulated by legislation: rapeseed does not only go to oleochemical plants, it is also exported, and the processing itself generates losses (Figure 3).

W przypadku rynku rzepaku i produktów pochodnych analiza statystyczna wykazała kilka prawidłowości. Nie zaobserwowano istotnej statystycznie zależności pomiędzy zbiorami rzepaku a wolumenem produkcji oleju rzepakowego, z którego powstaje ester metylowy do produkcji biokomponentów (korelacja: R= −0,34; regresja liniowa R^2 = 0,12). Nieco silniejsze zależności obserwowano dla skupu rzepaku i zużycia oleju na cele paliwowe (korelacja: R = −0,54; regresja liniowa R^2 = 0,30). Przyczyn należy upatrywać w stymulowanym legislacyjnie popycie i strukturze zagospodarowania zbiorów: rzepak nie trafia jedynie do zakładów tłuszczowych, jest także przedmiotem eksportu, a sam przerób generuje straty (rysunek 3).

Figure 3. Relationship between rapeseed oil usage for fuel purposes, harvest, and purchase of rapeseed in Poland between 2015 and 2020

Rysunek 3. Relacja zużycia oleju rzepakowego na cele paliwowe i zbiorów oraz skupu rzepaku w Polsce w latach 2015–2020



Source: author's own study based on unpublished data from Statistics Poland and the National Support Center for Agriculture (2017).
Źródło: opracowanie własne na podstawie niepublikowanych danych GUS-u oraz KOWR-u (2017).

In the case of the total production of rapeseed oil and its usage for fuel purposes, a statistically significant linear relationship was noted (correlation: R = −0.62) with a simultaneous statistically insignificant covariance of the variables (linear regression: $R^2 = 0.39$), which can be explained by the legally regulated demand from the fuel sector and the dynamics of fuel consumption as well as the supply of rape seed. It can be assumed that between 2015 and 2020 the supply factors did not determine the amount of rapeseed oil used for fuel purposes in a decisive way.

The analysis of the relationship between the total production of rapeseed oil and its wholesale prices did not show any correlation between 2015 and 2020 (correlation: R = 0.08; linear regression $R^2 = 0.01$). At the same time, statistically significant linear relationship was observed between the usage of rapeseed oil for fuel purposes and its wholesale prices (correlation: R = 0.70; linear regression: $R^2 = 0.49$). It can be assumed that during the period under consideration, the prices of rapeseed oil were not determined by the production volume, and usage for fuel purposes had a limited impact on them.

No statistical relationship was observed between the production of diesel fuel and the usage of rapeseed oil for the production of methyl ester intended for biocomponents in Poland (correlation: R = 0.07; linear regression $R^2 = 0.00$), with a statistically significant relationship between diesel fuel consumption and rapeseed oil usage for fuel purposes (correlation: R = 0.73; linear regression $R^2 = 0.54$) (Figure 4).

W przypadku produkcji oleju rzepakowego ogółem a jego zużyciem na cele paliwowe odnotowano statystycznie istotną zależność liniową (korelacja: R = −0,62) przy jednoczesnej nieistotnej statystycznie współzmienności tych zmiennych (regresja liniowa: $R^2 = 0,39$), co można tłumaczyć regulowanym legislacyjnie popytem ze strony sektora paliwowego i dynamiką zużycia paliw oraz podażą nasion rzepaku. Pozwala to przyjąć, że w latach 2015–2020 czynniki podażowe nie determinowały w decydujący sposób wielkości zużycia oleju rzepakowego na cele paliwowe.

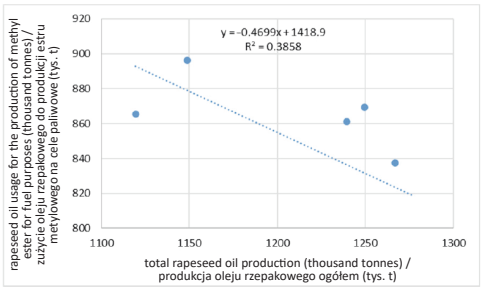
Analiza relacji produkcji oleju rzepakowego ogółem i jego cen hurtowych nie wykazała w latach 2015–2020 zależności (korelacja: R = 0,08; regresja liniowa $R^2 = 0,01$). Jednocześnie zaobserwowano istotną statystycznie zależność liniową między zużyciem oleju rzepakowego na cele paliwowe a jego cenami hurtowymi (korelacja: R = 0,70), przy jednoczesnej nieistotnej statystycznie współzmienności tych zmiennych (regresja liniowa $R^2 = 0,49$). Pozwala to założyć, że w analizowanym okresie o cenach oleju rzepakowego nie decydowała wielkość jego produkcji, a zużycie na cele paliwowe miało na nie ograniczony wpływ.

Nie zaobserwowano statystycznej zależności pomiędzy produkcją oleju napędowego a zużyciem oleju rzepakowego do produkcji estru metylowego z przeznaczeniem do wytworzenia biokomponentów w kraju (korelacja: R = 0,07; regresja liniowa $R^2 = 0,00$), przy jednoczesnej istotnej statycznie zależności zużycia ON i zużycia oleju rzepakowego na cele paliwowe (korelacja: R = 0,73; regresja liniowa $R^2 = 0,54$) (rysunek 4).

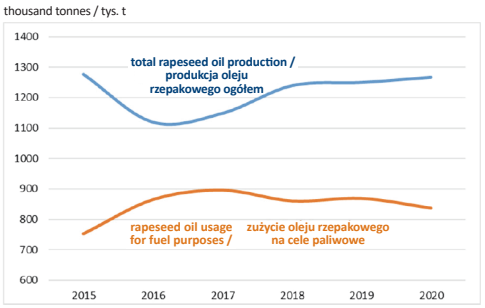
Figure 4. Relationships between the usage of rapeseed oil for fuel purposes and the production of rapeseed oil in total, rapeseed oil production and its wholesale prices, production and consumption of diesel fuel and oil for fuel purposes in Poland between 2015 and 2020

Rysunek 4. Relacje zużycia oleju rzepakowego na cele paliwowe i produkcji oleju rzepakowego ogółem, produkcji oleju i jego cen hurtowych, produkcji i zużycia ON i oleju na cele paliwowe w Polsce w latach 2015–2020

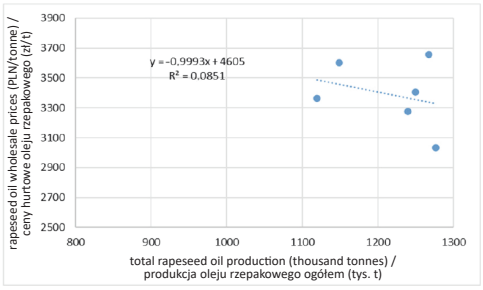
c) Relationship between rapeseed oil usage for fuel purposes and the total production of rapeseed oil in Poland /
c) Relacja zużycia oleju rzepakowego na cele paliwowe i produkcji oleju rzepakowego ogółem w Polsce



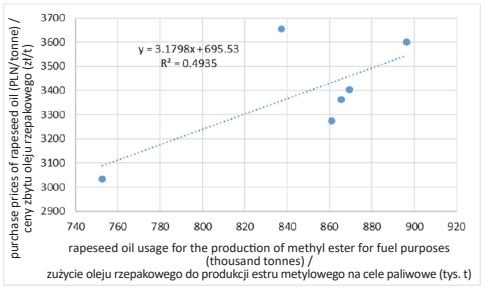
d) Total production of rapeseed oil and its usage for fuel purposes in Poland
d) Produkcja oleju rzepakowego ogółem i jego zużycie na cele paliwowe w Polsce



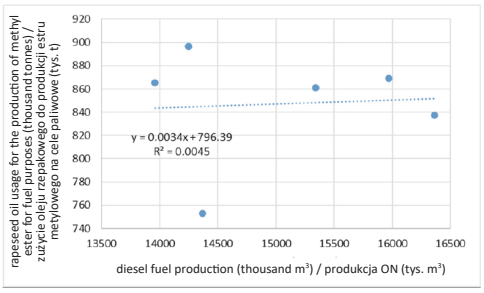
e) Relationship between the total production of rapeseed oil and its wholesale prices /
e) Relacja produkcji oleju rzepakowego ogółem i jego hurtowych cen



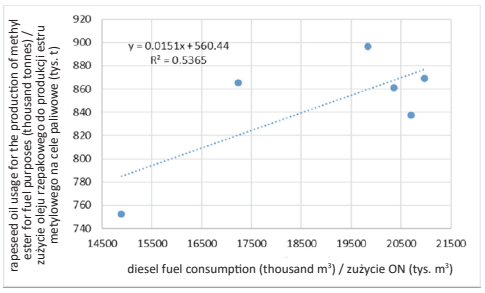
f) Relationship between rapeseed oil usage for fuel purposes and rapeseed oil sales prices in Poland /
f) Relacja zużycia oleju rzepakowego na cele paliwowe i cen zbytu oleju rzepakowego w Polsce



g) Relationship between diesel fuel production and rapeseed oil usage for the production of methyl ester for fuel purposes in Poland
g) Relacja produkcji oleju napędowego (ON) i zużycia oleju rzepakowego do produkcji estru metylowego na cele paliwowe w Polsce



h) Relationship between diesel fuel consumption and rapeseed oil usage for the production of methyl ester for fuel purposes in Poland
h) Relacja zużycia oleju napędowego (ON) i zużycia oleju rzepakowego do produkcji estru metylowego na cele paliwowe w Polsce



Source: author's own study based on unpublished data from Statistics Poland, the National Support Center for Agriculture (2017), and the Polish Oil Industry and Trade Organization (2021).

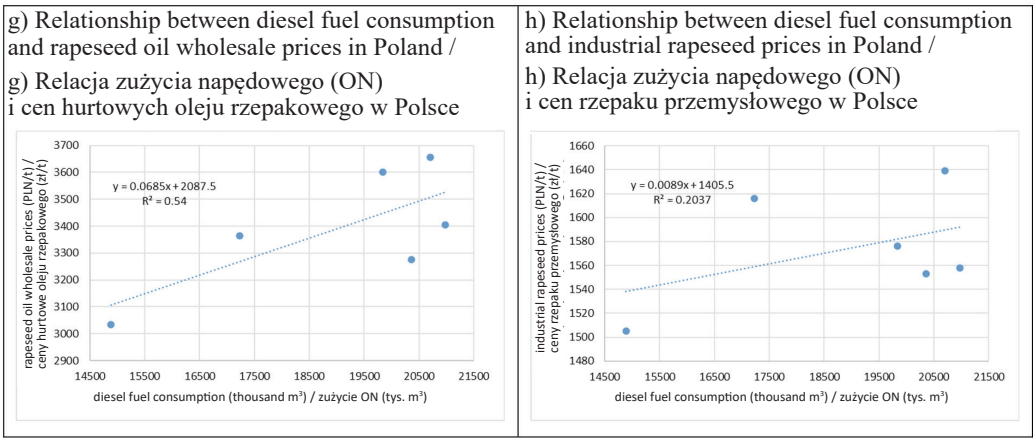
Źródło: opracowanie własne na podstawie niepublikowanych danych GUS-u, KOWR-u (2017) i POPiHN (2021).

The presented dependencies indicate that between 2015 and 2020 the demand (and not the supply) factors had a decisive impact on the volume of rapeseed oil used for the production of methyl ester needed for biocomponents. It can be assumed that diesel fuel consumption may have an impact on rapeseed oil prices in Poland. The statistical analysis of the data confirms it, showing a significant relationship between the consumption of diesel fuel and the wholesale prices of rapeseed oil (correlation: R = 0.74; linear regression $R^2 = 0.54$). At the same time, during the period under consideration, no statistically significant correlation was observed between diesel fuel consumption and industrial rapeseed prices (correlation: R = 0.45; linear regression $R^2 = 0.20$) (Figure 5).

Zaprezentowane zależności wskazują, że w okresie 2015–2020 to czynniki popytowe (a nie podażowe) miały decydujący wpływ na wolumen zużycia oleju rzepakowego do produkcji estru metylowego potrzebnego do wytworzenia biokomponentów. Pozwala to założyć, że zużycie ON może mieć wpływ na ceny oleju rzepakowego w kraju. Analiza statystyczna danych to potwierdza, wykazując istotną zależność między zużyciem oleju napędowego a cenami hurtowymi oleju rzepakowego (korelacja: R = 0,74; regresja liniowa $R^2 = 0,54$). Jednocześnie w analizowanym okresie nie zaobserwowano takiej istotnej statystycznie zależności pomiędzy zużyciem ON a cenami rzepaku przemysłowego (korelacja: R = 0,45; regresja liniowa $R^2 = 0,20$) (rysunek 5).

Figure 5. Relationship between diesel fuel consumption and rapeseed oil wholesale prices and industrial rapeseed prices in Poland between 2015 and 2020

Rysunek 5. Relacje zużycia ON i cen hurtowych oleju rzepakowego oraz cen rzepaku przemysłowego w Polsce w latach 2015–2020



Source: author's own study based on unpublished data from Statistics Poland and data from the Polish Oil Industry and Trade Organization (2021).

Źródło: opracowanie własne na podstawie niepublikowanych danych GUS-u oraz danych POPIHN (2021).

Maize and Bioethanol

Between 2015 and 2020, 436.1 thousand tonnes of maize were used on average in the production of bioethanol in Poland. The amount of grain was relatively variable (V = 17.1%) and ranged from 324.6 to 519.9 thousand tonnes, showing an upward trend. The annual usage of maize for fuel purposes accounted for an average of 11.2% of its harvest. This share oscillated between 8.9 and 13.7%, also showing an upward trend. During the period under consideration, the amount of maize for fuel purposes increased by 60.2% (an annual average of 9.9%). At the same time, maize harvest was higher by 37.5%, the average annual growth rate was 6.6%, showing at the same time little variability (V = 11.4%). Thus, the volume of maize for fuel purposes was characterized by a much higher growth

Kukurydza i bioetanol

W okresie 2015–2020 do produkcji bioetanolu zużyto w Polsce rocznie średnio 436,1 tys. ton kukurydzy. Ilość ziarna była względnie zmienna (V = 17,1%) i wahała się od 324,6 do 519,9 tys. ton, wykazując tendencję do wzrostu. Zużycie na cele paliwowe kukurydzy stanowiło rocznie średnio 11,2% jej zbiorów. Udział ten oscylował między 8,9 a 13,7%, także wykazując tendencję wzrostową. W analizowanym okresie ilość kukurydzy na cele paliwowe zwiększyła się o 60,2%, średniorocznie o 9,9%. W tym samym czasie zbiory kukurydzy były wyższe o 37,5%, średnioroczne tempo wzrostu wyniosło 6,6%, wykazując jednocześnie niedużą zmienność (V = 11,4%). Wolumen kukurydzy na cele paliwowe charakteryzował się zatem znacznie wyższym tempem wzrostu niż

rate than the harvest. Between 2015 and 2020, maize purchase prices in Poland (average prices of grain for consumption and fodder purposes) amounted to an average of PLN 64.9/dt, ranging from PLN 57.8/dt to PLN 72.8/dt. During the period under consideration, the price of maize increased by 25.9%, with an average annual growth rate of 4.7%. The relatively large share of grain used for fuel purposes in the management of maize harvest makes it legitimate to analyze the relationship between the raw material and production base and the price situation (Table 3).

zbiory. W okresie 2015–2020 ceny skupu kukurydzy w Polsce (uśrednione ceny ziarna na cele konsumpcyjne i paszowe) wyniosły średnio 64,9 zł/dt, wahając się od 57,8 do 72,8 zł/dt. W analizowanym okresie kukurydza podrożała o 25,9%, przy średniorocznym tempie wzrostu wynoszącym 4,7%. Relatywnie wysoki udział ziarna, jakie trafia na cele paliwowe, w zagospodarowaniu zbiorów kukurydzy sprawia, że jest zasadnym prześledzenie relacji bazy surowcowej i produkcyjnej oraz sytuacji cenowej (tabela 3).

Table 3. Maize harvest and its usage for fuel purposes in Poland between 2015 and 2020 (thousand tonnes)
Tabela 3. Zbiory kukurydzy i jej zużycie na cele paliwowe w Polsce w latach 2015–2020 (tys. t)

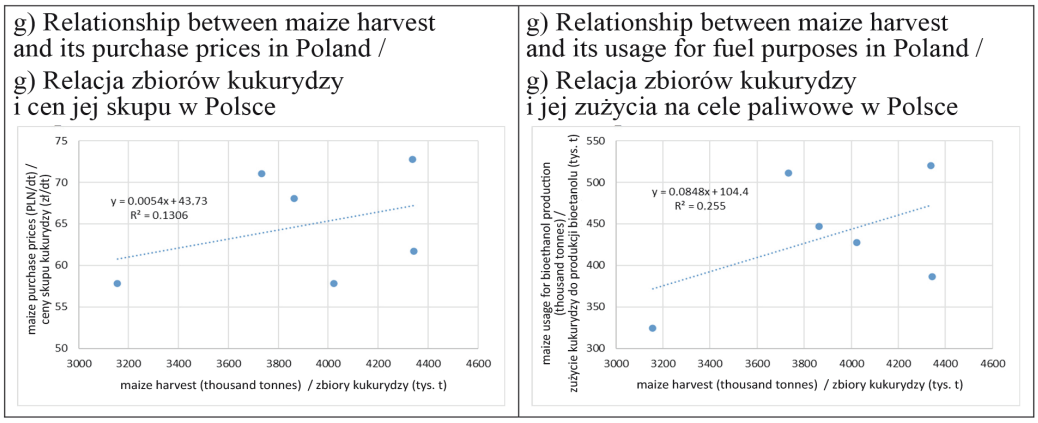
Item / Wyszczególnienie	2020	2015 = 100%	Average annual dynamics (%) / Średnioroczna dynamika (%)	Coefficient of variation (%) / Współczynnik zmienności (%)
Kukurydza / Maize				
Harvest / Zbiory	4,339	37.5	6.6	11.4
Usage for fuel purposes / Zużycie na cele paliwowe	519.9	60.2	9.9	17.1

Source: author's own study based on unpublished data from Statistics Poland and data from the National Support Center for Agriculture (2017).
Źródło: opracowanie własne na podstawie niepublikowanych danych GUS-u oraz danych KOWR-u (2017).

Over the 2015–2020 period, the purchase prices of maize in Poland did not show a statistically significant relationship with the level of harvest (correlation: R = 0.36, linear regression $R^2 = 0.13$), only slightly stronger relationships were observed in the case of harvesting and the usage of grain for fuel purposes (correlation: R = 0.50, linear regression $R^2 = 0.26$). This means that during the period under consideration, the supply of domestic grain did not have a key impact on maize prices in Poland, which determines the amount used for fuel purposes only to a small extent (Figure 6).

W okresie 2015–2020 ceny skupu kukurydzy w kraju nie wykazywały statycznie istotnej zależności z poziomem zbiorów (korelacja: R = 0,36, regresja liniowa $R^2 = 0,13$), jedynie nieco silniejsze zależności obserwowano w przypadku zbiorów i zużycia ziarna na cele paliwowe (korelacja: R = 0,50, regresja liniowa $R^2 = 0,26$). Oznacza to, że w analizowanym okresie na ceny kukurydzy w kraju kluczowego wpływu nie miała podaż rodzimego ziarna, które jedynie w niewielkim stopniu decyduje o wysokości zużycia na cele paliwowe (rysunek 6).

Figure 6. Relationship between maize harvest, its purchase prices, and usage for fuel purposes in Poland between 2015 and 2020
Rysunek 6. Relacje zbiorów kukurydzy i jej cen skupu oraz zużycia na cele paliwowe w Polsce w latach 2015–2020

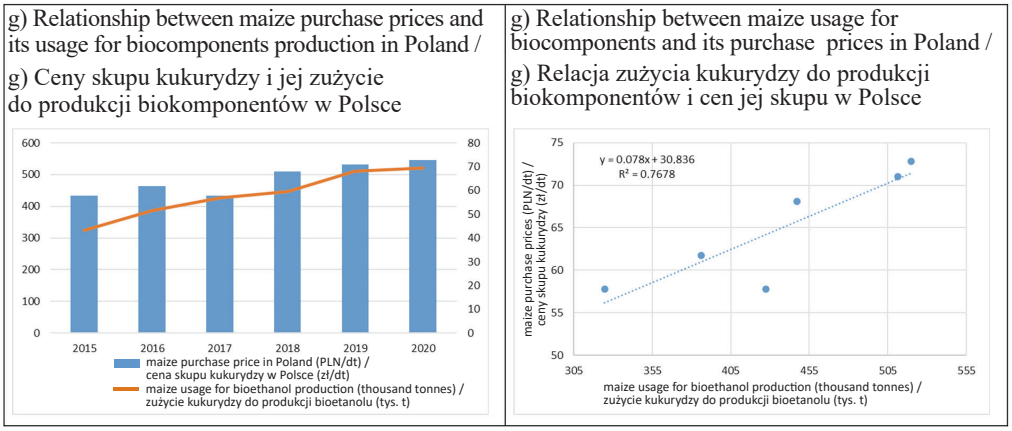


Source: author's own study based on unpublished data from Statistics Poland and data from the National Support Center for Agriculture (2017).
Źródło: opracowanie własne na podstawie niepublikowanych danych GUS-u oraz danych KOWR-u (2017).

The analysis of the relationship between grain usage for biocomponents and maize purchase prices has already shown a statistically strong correlation (correlation: R = 0.88, linear regression R^2 = 0.77) (Figure 7). Therefore, it is reasonable to analyze the relationship between the production and consumption of gasoline in Poland and the amount of maize used for fuel purposes.

Analiza relacji zużycia ziarna do produkcji biokomponentów i cen zbytu kukurydzy wykazała już silną statystycznie zależność (korelacja: R = 0,88, regresja liniowa R^2 = 0,77) (rysunek 7). Dlatego też zasadnym jest prześledzenia relacji pomiędzy produkcją i zużyciem benzyny w kraju a ilością kukurydzy, jaka tafia na cele paliwowe.

Figure 7. Relationship between maize purchase prices and its usage for fuel purposes in Poland between 2015 and 2020
Rysunek 7. Relacje cen skupu kukurydzy i jej zużycia na cele paliwowe w Polsce w latach 2015–2020



Source: author's own study based on unpublished data from Statistics Poland and data from the National Support Center for Agriculture (2017).
Źródło: opracowanie własne na podstawie niepublikowanych danych GUS-u oraz danych KOWR-u (2017).

The statistical analysis of the data showed a significantly more statistically significant relationship between gasoline consumption and the volume of grain used for biocomponents (correlation: R = 0.90, linear regression R^2 = 0.82) than between gasoline production and the amount of maize used for fuel purposes (correlation: R = 0.56, linear regression R^2 = 0.31). It can be assumed that the amount of maize for fuel purposes is more strongly related to fuel consumption and it is the demand for gasoline that generates the demand for grain for biocomponents (Figure 8).

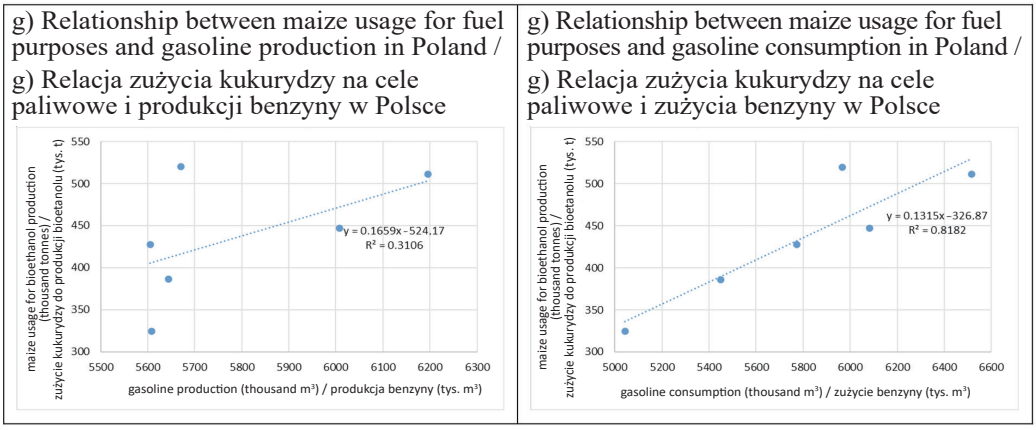
Therefore, it also seems reasonable to analyze the relationship between maize prices and the fuel balance in Poland. A statistical analysis showed that during the 2015–2020 period there was a significantly stronger correlation between the volume of gasoline consumption and the purchase prices of grain in Poland (correlation: R = 0.78, linear regression R^2 = 0.61) than between gasoline production and maize purchase prices (correlation: R = 0.64, linear regression R^2 = 0.41). It can be assumed that gasoline consumption has a decisive impact on maize prices, and gasoline production determines grain purchase prices to a much lesser extent (Figure 9).

Analiza statyczna danych wykazała znacznie istotniejszą statystycznie zależność między zużyciem benzyny a wolumenu ziarna do produkcji biokomponentów (korelacja: R = 0,90, regresja liniowa R^2 = 0,82) niż między produkcją benzyny a ilością kukurydzy na cele paliwowe (korelacja: R = 0,56, regresja liniowa R^2 = 0,31). Pozwala to przyjąć, że ilość kukurydzy na cele paliwowe jest silniej związana z zużyciem paliw i to popyt na benzynę generuje popyt na ziarno do produkcji biokomponentów (rysunek 8).

Zasadnym wydaje się zatem także prześledzenie relacji cen kukurydzy i bilansu paliw w kraju. Analiza statystyczna wykazała, że w okresie 2015–2020 odnotowano znacznie silniejszą statystycznie zależność wolumenu zużycia benzyny i cen skupu ziarna w kraju (korelacja: R = 0,78, regresja liniowa R^2 = 0,61) niż między produkcją benzyny a cenami skupu kukurydzy (korelacja: R = 0,64, regresja liniowa R^2 = 0,41). Zaobserwowane zależności pozwalają przyjąć, że zużycie benzyny ma decydujący wpływ na ceny kukurydzy, a produkcja benzyny determinuje w znacznie mniejszym zakresie ceny skupu ziarna (rysunek 9).

Figure 8. Relationship between the usage of maize for fuel purposes and the production and consumption of gasoline in Poland between 2015 and 2020

Rysunek 8. Relacje zużycia kukurydzy na cele paliwowe i produkcji oraz zużycia benzyn w Polsce w latach 2015–2020

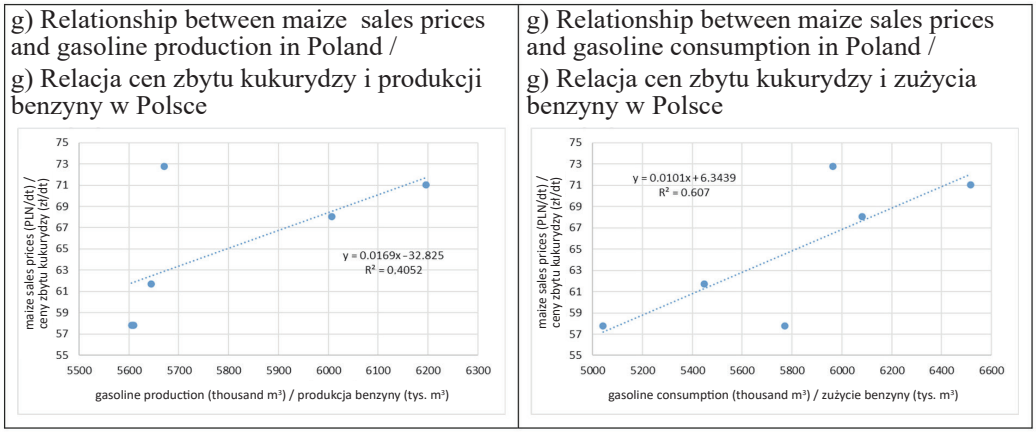


Source: author's own study based on unpublished data from the National Support Center for Agriculture (2017) and data from the Polish Oil Industry and Trade Organization (2021).

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KOWR-u (2017) oraz POPiHN (2021).

Figure 9. Relationship between maize sales prices and the production and consumption of gasoline in Poland between 2015 and 2020

Rysunek 9. Relacje cen zbytu kukurydzy i produkcji oraz zużycia benzyny w Polsce w latach 2015–2020



Source: author's own study based on unpublished data from Statistics Poland and the Polish Oil Industry and Trade Organization (2021).

Źródło: opracowanie własne na podstawie niepublikowanych danych GUS-u oraz POPiHN (2021).

Conclusions

Rapeseed oil and maize grain are the dominant raw materials in the structure of biofuel production in Poland. Between 2015 and 2020, their average share was 60.4% of produced bioethanol and 95.4% of esters, respectively. A downward trend in the share of the raw materials in the production structure was observed. The main reason is the change in the regulations enabling the double counting of biofuels made of non-food raw materials to achieve the national indicator target, which obliges to use biofuels in

Wnioski

Olej rzepakowy i ziarno kukurydzy są dominującymi surowcami w strukturze produkcji biokomponentów do paliw w Polsce. W latach 2015–2020 ich średni udział wyniósł odpowiednio 60,4% wytworzonego bioetanolu i 95,4% estrów. Obserwowano spadkową tendencję udziału tych surowców w strukturze produkcji. Głównym powodem jest zmiana przepisów umożliwiająca podwójne naliczenie biokomponentów powstałych z niespożywczych surowców do realizacji narodowego celu wskaźnikowego, który obliguje do

the country. Demand for biofuels is regulated by legislation. A significant part of rapeseed oil production and maize harvest is used for fuel purposes, while the rapeseed sector is oriented towards the production of esters and the share of production used for fuel purposes is much larger (69.9% on average) than in the case of maize harvest and bioethanol production (11.2% on average). Both in the case of maize and rapeseed oil, the dynamics of fuel consumption between 2015 and 2020 was higher than that of their production.

The statistical analysis of the data showed the dependence of the prices of rapeseed oil and maize for biocomponents and the consumption of gasoline and diesel fuel in Poland between 2015 and 2020. In the case of rapeseed oil and diesel fuel, there are several statistical relationships worth emphasizing. No statistically significant correlation was observed between rapeseed harvest and the volume of rapeseed oil, which is used to produce methyl ester for biocomponents, and in the case of rapeseed purchase and rapeseed oil usage for fuel purposes, the relationship was slightly stronger. No statistical correlation was observed between diesel fuel production and the usage of rapeseed oil for the production of methyl ester for biocomponents in Poland, with a simultaneous statistically significant dependence between diesel fuel consumption and the usage of rapeseed oil for fuel purposes. There was also a significant correlation between diesel fuel consumption and rapeseed oil wholesale prices. It can be assumed that the demand for diesel fuel had a decisive influence on rapeseed oil prices and its usage for fuel purposes in Poland between 2015 and 2020.

In the case of maize and gasoline, several regularities should be noted. Firstly, neither maize purchase prices in Poland nor the harvest and usage of grain for fuel purposes show a statistically significant correlation with the amount of its harvest. Secondly, the static analysis of the data showed no significant relationship between the amount of gasoline production and the amount of maize used for fuel purposes, but in the case of gasoline consumption and grain usage for biocomponents, a statistically significant relationship was noted. Thirdly, there was a weaker relationship between maize sales prices and gasoline production, as well as a statistically significant relationship between grain sales prices and the volume of gasoline consumption in Poland. It can be assumed that the demand for gasoline had a decisive influence on maize prices and its usage for fuel purposes in Poland between 2015 and 2020.

zużycia biopaliw w kraju. Popyt na biopaliwa jest regulowany legislacyjnie. Znaczna część produkcji oleju rzepakowego i zbiorów kukurydzy jest wykorzystywana na potrzeby paliwowe, przy czym sektor rzepaku jest zorientowany na produkcję estrów i udział wykorzystania produkcji na cele paliwowe jest znacznie większy (średnio 69,9%) niż w przypadku zbiorów kukurydzy i produkcji bioetanolu (średnio 11,2%). Zarówno w przypadku kukurydzy, jak i oleju rzepakowego dynamika zużycia na cele paliwowe była w latach 2015–2020 wyższa niż ich produkcji.

Analiza statystyczna danych wykazała zależność cen oleju rzepakowego i kukurydzy do produkcji biokomponentów oraz zużycia benzyny i oleju napędowego w kraju w latach 2015–2020. W przypadku oleju rzepakowego i oleju napędowego odnotowano kilka statystycznych zależności wartych podkreślenia. Nie zaobserwowano istotnej statystycznie zależności pomiędzy zbiorami rzepaku a wolumenem oleju rzepakowego, z którego powstaje ester metylowy do produkcji biokomponentów, a w przypadku skupu rzepaku i zużycia oleju rzepakowego na cele paliwowe zależność była nieco silniejsza. Nie zaobserwowano statystycznej zależności pomiędzy produkcją oleju napędowego a zużyciem oleju rzepakowego do produkcji estru metylowego z przeznaczeniem do wytworzenia biokomponentów w kraju, przy jednoczesnej istotnej statycznie zależności zużycia ON i zużycia oleju rzepakowego na cele paliwowe. Zaobserwowano także istotną zależność między zużyciem oleju napędowego a cenami hurtowymi oleju rzepakowego. Pozwala to przyjąć, że na ceny oleju rzepakowego i jego zużycie na cele paliwowe w kraju w latach 2015–2020 decydujący wpływ miał popyt na olej napędowy.

W przypadku kukurydzy i benzyny należy zauważyć kilka prawidłowości. Po pierwsze, ani ceny skupu kukurydzy w kraju nie wykazują istotnej statycznie zależności z wysokością jej zbiorów, ani zbiory i zużycie ziarna na cele paliwowe. Po drugie, analiza statyczna danych wykazała brak istotnej zależności między wysokością produkcji benzyny a ilością kukurydzy na cele paliwowe, ale już w przypadku zużycia benzyny i ziarna do produkcji biokomponentów odnotowano istotną statycznie zależność. Po trzecie, odnotowano słabszą zależność między cenami zbytu kukurydzy a produkcją benzyny i istotną statycznie zależność cen zbytu ziarna i wolumenu zużycia benzyny w kraju. Pozwala to przyjąć, że na ceny kukurydzy i jej zużycie na cele paliwowe w kraju w latach 2015–2020 decydujący wpływ miał popyt na benzynę.

It is worth mentioning that the new EU energy policy (European Green Deal, RePowerEU) and the war in Ukraine will have a key impact on the future of biofuels. Due to unfavorable climate changes, the EU aims at reducing CO_2 emissions into the atmosphere, focusing on electromobility and zero emissions. In the light of research on the reduction of emissions by using biofuels, such an approach may eliminate most biofuels from the market within a few decades. Due to the war in Ukraine, the EU is intending to become independent of Russian energy resources, which dominated the EU imports. This calls into question the goals of the EU energy transformation and measures to achieve them (natural gas is regarded as a transitional fuel). Such a sudden change of market and geopolitical conditions makes biofuels seem to be at least a partial solution to the problem with energy supply in the EU and therefore the approach to their consumption may need to be adjusted in the current situation.

Warto nadmienić, że nowa polityka energetyczna UE (Europejski Zielony Ład, RePowerEU) i wojna w Ukrainie będą mieć kluczowy wpływ na przyszłość biopaliw. Ze względu na niekorzystne zmiany klimatyczne Unia dąży do ograniczenia emisji CO_2 do atmosfery, stawiając na elektromobilność i zeroemisyjność. W świetle badań nad redukcją emisji, jaką daje zużycie biopaliw, takie podejście może wyeliminować z rynku większość biopaliw w perspektywie kilku dekad. Z powodu wojny w Ukrainie UE zamierza uniezależnić się od rosyjskich surowców energetycznych, które dominowały w unijnym imporcie. Stawia to pod znakiem zapytania cele unijnej transformacji energetycznej i środki do ich realizacji (gaz ziemny traktowany jest jako paliwo przejściowe). Tak nagła zmiana uwarunkowań rynkowych i geopolitycznych sprawia, że biopaliwa wydają się przynajmniej częściowym rozwiązaniem problemu z zaopatrzeniem w energię w UE i z tego względu w obecnej sytuacji podejście do ich zużycia może wymagać korekty.

References

Araszkiewicz, S. (2018). Benzyna E10 – kiedy zagości na polskich stacjach paliw?. *Na Stacji Paliw*, 4(13), 28–29. https://nastacjipaliw.pl/downloads/nsp/nr13-2018.pdf

Bušić, A., Marđetko, N., Kundas, S. Morzak G., Belskaya H., Ivančić Šantek, M., Komes D., Novak, S., & Šantek, B. (2018). Bioethanol Production from Renewable Raw Materials and Its Separation and Purification: A Review. *Foof Technology & Biotechnology*, 56(3), 289–311. https://doi.org/10.17113/ftb.56.03.18.5546

DeCicco, J.M., Liu, D. Y., Heo, J., Krishnan, R., Kurthen, A., & Wang, L. (2016). Carbon Balance Effects of U.S. Biofuel Production and Use. *Climatic Change*, 138, 667–680. https://doi.org/10.1007/s10584-016-1764-4

Dominguez-Faus, R., Powers, S.E., Burken, J.G., & Alvarez , P.J. (2009). The Water Footprint of Biofuels: A Drink or Drive Issue?. *Environmental Science & Technology*, *43*(9), 3005–3010. https://doi.org/10.1021/es802162x

Duque, A., Álvarez, C., Doménech, P., Manzanares, P., & Moreno, A.D. (2021). Advanced Bioethanol Production: From Novel Raw Materials to Integrated Biorefineries. *Processes 9*(2), 206. https://doi.org/10.3390/pr9020206

European Commission (EC). (2012, October 17). Indirect Land Use Change (ILUC). https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_12_787]

European Council; Council of the European Union [Rada Europejska; Rada Unii Europejskiej]. (2022). Europejski Zielony Ład. Retrieved July 25, 2022 from https://www.consilium.europa.eu/pl/policies/green-deal/

European Renewable Ethanol Association (ePURE). (2021, July 25). EU Ethanol Sets New Record for Greenhouse-Gas Reduction, Increasing its Importance to Europe's Green Deal Goals. https://www.epure.org/press-release/eu-ethanol--sets-new-record-for-greenhouse-gas-reduction-increasing-its-importance-to-europes-green-deal-goals/

Ernst & Young (2011). Biofuels and Indirect Land Use Change. The Case for Mitigation. Retrieved July 25, 2022 from https://portals.iucn.org/library/node/9963

European Union (EU). (2018). Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources. Official Journal of the European Union, L 328/82. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32018L2001

European Union (EC). (2015). Directive (EU) 2015/1513 of the European Parliament and of the Council of 9 September 2015 amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources. Official Journal of the European Union, L 239/1. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32015L1513

Flénet, F., Wagner, D., & Simonin, P. (2020). Examination of an Attempt to Improve Rapeseed Cultivation in France in order to Reduce the Greenhouse Gas Emissions of Biodiesel. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids* (*OCL*), 27, 69. https://doi.org/10.1051/ocl/2020068

Gradziuk, P., & Jendrzejewski, B. (2017). Wyzwania dla sektora biopaliw w kontekście polityki klimatyczno-energetycznej Unii Europejskiej. *Roczniki Nukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, *19*(2), 58–65. http://dx.doi.org/10.5604/01.3001.0010.1159

Gradziuk, P., Jończyk, K., Gradziuk, B., Wojciechowska, A., Trocewicz, A., & Wysokiński, M. (2021). An Economic Assessment of the Impact on Agriculture of the Proposed Changes in EU Biofuel Policy Mechanisms. *Energies*, *14*(21), 6982. https://doi.org/10.3390/en14216982

Grochowska, R., Łopaciuk, W., Rosiak, E., & Szajner, P. (2013). *Światowa produkcja biopaliw w kontekście bezpieczeństwa żywnościowego* (P. Szajner, Ed.). Program Wieloletni 2011–2014, 70. IERiGŻ PIB. http://www.ierigz.waw.pl/publikacje/raporty-programu-wieloletniego-2011-2014/11191,0,3,0,nr-70-swiatowa-produkcja-biopaliw-w--kontekscie-bezpieczenstwa-zywnosciowego.html

Hamulczuk, M. (2017). Global Food Crisis – Symptoms, Implications, Causes. *Journal of Agribusiness and Rural Development*, *45*(3), 553–562. https://doi.org/10.17306/J.JARD.2017.00355

Hanaki, K., & Portugal-Pereira, J. (2018). The Effect of Biofuel Production on Greenhouse Gas Emission Reductions. In K. Takeuchi, H. Shiroyama, O. Saito, M. Matsuura (Eds.). *Biofuels and Sustainability*. Science for Sustainable Societies. Springer, Tokyo. https://doi.org/10.1007/978-4-431-54895-9_6

Hill, J. (2006). Environmental, Economic, and Energetic Costs and Benefits of Biodiesel and Ethanol Biofuels. https://doi.org/10.1073/pnas.0604600103

Institute of Medicine. (2014). *The Nexus of Biofuels, Climate Change, and Human Health: Workshop Summary*. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/18493

International Energy Agency (IEA). (2021). Oil 2021. Analysis and Forecast to 2026. https://www.iea.org/reports/oil-2021

Jeswani, H.K., Chilvers, A., & Azapagic, A. (2020). Environmental Sustainability of Biofuels: A Review. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, *476*(2243). https://doi.org/10.1098/rspa.2020.0351

Kotowski, W., & Konopka, E. (2013). Emisja CO_2 z upraw biopaliw. *Energia Gigawat*, 6–7.

Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa (KOWR). (2017). Biuletyn Informacji Publicznej Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa. Odnawialne źródła energii. Informacje dotyczące rynku biokomponentów. https://bip.kowr.gov.pl/informacje-publiczne/odnawialne-zrodla-energii/informacje-dotyczace-rynku-biokomponentow

Kupczyk, A., Mączyńska, J., Sikora, M., Tucki, K., & Żelaziński, T. (2017). Stan i perspektywy oraz uwarunkowania prawne funkcjonowania sektorów biopaliw transportowych w Polsce. *Roczniki Nukowe Ekonomii Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich, 104*(1), 39–55. https://doi.org/10.22630/RNR.2017.104.1.3

Luderer, B., Nollau, V., & Vetters, K. (2010). *Mathematical Formulas for Economists*. (4th Ed.), Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-04079-5

Mat Aron, N.S., Khoo, K.S., Chew, K.W., Show, P.L., Chen, W.-H., & Nguyen, T.H.P. (2020). Sustainability of the four generations of biofuels – A review. International Journal of Energy Research, 44(12): Sustainable Energy and Green Technologies, 9266–9282. https://doi.org/10.1002/er.5557

Ministry of Climate and Environment [Ministerstwo Klimatu i Środowiska]. (2021). Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 2 marca 2021 r. w sprawie polityki energetycznej państwa do 2040 r. M.P. 2021 poz. 264. https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WMP20210000264

Ministry of Economy [Ministerstwo Gospodarki]. (2015). Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 9 października 2015 r. w sprawie wymagań jakościowych dla paliw ciekłych. Dz.U. 2015 poz. 1680. https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20150001680

Owczuk, M. (2006). Biodiesel, a ochrona środowiska. *Studia Ecologiae et Bioethicae*, *4*(1), 351–356. https://doi.org/10.21697/seb.2006.4.1.25

Pilarski, K. (2009). Charakterystyka oleju rzepakowego jako paliwa do zasilania ciągnikowych silników z zapłonem samoczynnym. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*, 1. https://tech-rol.eu/index.php/pl/archiwum-2/2009

Pishvaee, M.S., Mohseni, S., & Bairamzadeh, S. (2020). *Biomass to Biofuel Supply Chain Design and Planning Under Uncertainty: Concepts and Quantitative Methods*. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820640-9.00001-5

Polish Association of Oil Producers [Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju]. (2022, March 31). *Oil Express*, 122(II). https://www.pspo.com.pl/publications/cbf48278a84ae8bc604c47dd7bab16bda43b7a07.pdf

Polish Oil Industry and Trade Organization [Polska Organizacja Przemysłu i Handlu Naftowego]. (2021). Przemysł i handel naftowy – Raport roczny 2020. https://popihn.pl/wp-content/uploads/2021/05/Raport2020_pl.pdf

Rosiak, E. (Ed.). (2021). *Rynek Rzepaku. Stan i perspektywy*. No. 59. Analizy Rynkowe. IERiGŻ PIB.

Rosiak, E., Łopaciuk, W., & Krzemiński, M. (2011). *Produkcja biopaliw i jej wpływ na światowy rynek zbóż oraz roślin oleistych i tłuszczów roślinnych*. Program Wieloletni 2011–2015, 29. IERiGŻ PIB. http://www.ierigz.waw.pl/publikacje/raporty-programu-wieloletniego-2011-2014/3065,0,3,0,1326303199.html

Sander, P., Longwic, R., Lotko, W., & Niemczuk, B. (2017). Aktualna koncepcja wykorzystania oleju rzepakowego jako paliwa. *Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, 6, 414–419. http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-f5e882ca-c554-4eb0-9c26-bd50e10a22aa?q=bwmeta1.element.baztech-e687c8e6-d61e-4483--abfd-7305024c9880;76&qt=CHILDREN-STATELESS

Sejm Rzeczypospolitej Polskiej (Sejm RP). (2017). Ustawa z dnia 24 listopada 2017 r. o zmianie ustawy o biokomponentach i biopaliwach ciekłych oraz niektórych innych ustaw. Dz.U. 2017 poz. 2290. https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20170002290

Sejm Rzeczypospolitej Polskiej (Sejm RP). (2019). Ustawa z dnia 19 lipca 2019 r. o zmianie ustawy o biokomponentach i biopaliwach ciekłych oraz niektórych innych ustaw. Dz.U. 2019 poz. 1527. https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20190001527

Shokravi, H., Shokravi, Z., Heidarrezaei M., Ong, H.C., Koloor, S.S.R., Petru, M., Lau, W.J., & Ismail, A.F. (2021). Fourth Generation Biofuel from Genetically Modified Algal Biomass: Challenges and Future Directions. *Chemosphere*, 285, 131535. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131535

Szałkowski, D. (2017). Szara strefa w obrocie paliwami ciekłymi, *Kontrola Państwowa*, 5, 87–96. https://www.nik.gov.pl/plik/id,15703.pdf

Tucki, K., Mruk, R., Bączyk, A., Botwińska, K., & Woźniak, K. (2018). Analiza wielkości emisji spalin z silnika o zapłonie samoczynnym z wykorzystaniem symulacji komputerowej. *Rocznik Ochrony Środowiska*, *20*(2), 1095–1112. https://ros.edu.pl/index.php/component/content/article/640-analiza-wielkosci-emisji-spalin-z-silnika-o-zaplonie-samoczynnym-z--wykorzystaniem-symulacji-komputerowej.html?Itemid=241&lang=pl

Submission date / Data nadesłania: 3.06.2022.
Final revision date / Data ostatniej recenzji: 27.06.2022.
Acceptance date / Data akceptacji do druku: 28.07.2022.

© 2022 Chmielewski, Ł. 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: Chmielewski, Ł. (2022). Niniejszy artykuł został opublikowany w otwartym dostępie na licencji Creative Commons Attribution 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)