

**Tomasz Stuczyński, Artur Łopatka, Antoni Faber, Przemysław Czaban, Monika Kowalik,
Piotr Koza, Renata Korzeniowska-Puculek, Grzegorz Siebielec**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

PROGNOZA WYKORZYSTANIA PRZESTRZENI ROLNICZEJ
DLA PRODUKCJI ROŚLIN NA CELE ENERGETYCZNE*

Wstęp

Dotychczasowe prognozy wykorzystania przestrzeni rolniczej dla produkcji roślin przeznaczonych do przerobu na biopaliwa lub do współspalania opierają się na przyjętych zobowiązaniach dotyczących udziału bioenergii (16). Są to oszacowania popytu z sektora paliwowego i energetycznego wyrażone w jednostkach energii przeliczonych na odpowiednią produkcję biomasy, z uwzględnieniem wartości energetycznej poszczególnych roślin. Dotychczasowe oszacowania powierzchni roślin energetycznych miały charakter bilansowy, odpowiadający prostym scenariuszom opartym na pytaniu – jakie powierzchnie upraw energetycznych są niezbędne do sprostania popytowi sektora energetycznego (8, 15, 16). Mankamentem tych oszacowań jest brak uwzględnienia konkurencji różnych upraw o udział w przestrzeni rolniczej, kształtowany przez relację zysku z danej uprawy, w tym z uprawy roślin energetycznych, do zysku z innych upraw. Zagadnienie konkurencji o przestrzeń rolniczą, a zatem struktury jej użytkowania nie ogranicza się wyłącznie do procesów zachodzących w rolnictwie, ale obejmuje również wpływ innych sektorów biorących udział w transformacji użytków rolnych. Dotyczy to zwłaszcza urbanizacji. Jedną z przyczyn kurczenia się zasobów przestrzeni rolniczej jest odłogowanie gruntów wokół aglomeracji miejskich, powodowane perspektywnym ich przeznaczeniem pod zabudowę. W różnych dokumentach planistycznych podaż gruntów rolnych przewidzianych pod urbanizację wielokrotnie przekracza rzeczywisty popyt budownictwa, prowadząc do wzrostu cen ziemi, przy których antycypowany zysk z kontynuacji rolniczego użytkowania jest relatywnie mały, co w konsekwencji prowadzi do odłogowania gruntów.

Opis procesów zachodzących w przestrzeni, rzutujących na sposób jej wykorzystania jest trudny z uwagi na interakcje wielu czynników wpływających na decyzje użytkowników dotyczące kierunku uprawy bądź przeznaczenia na cele pozarolnicze. Do czynników tych należą: warunki rynkowe, popyt na określone produkty pochodze-

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.8 w programie wieloletnim IUNG - PIB

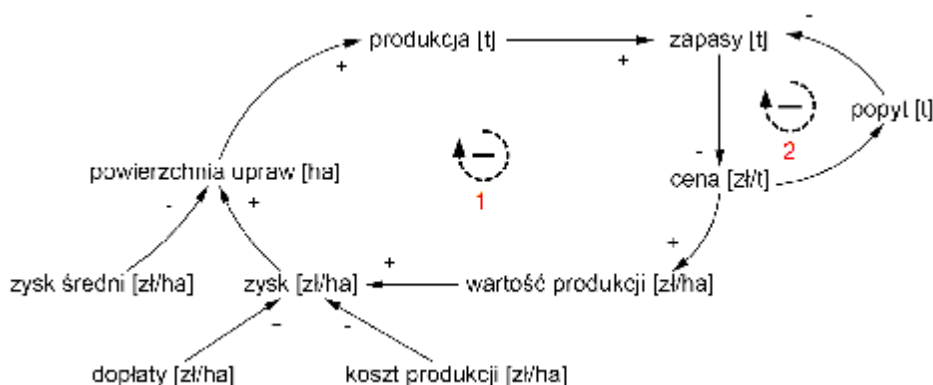
nia rolniczego, struktura cen oraz warunki glebowo-przyrodnicze. Powierzchnie użytków rolnych, lasów, terenów zabudowanych oraz innych kategorii można ująć jako zasoby, pomiędzy którymi występują przepływy zależne od najbardziej optymalnego z punktu widzenia efektywności ekonomicznej sposobu wykorzystania przestrzeni oraz regulacji prawnych dotyczących ochrony środowiska i zasad planowania przestrzennego. Ujęcie procesów regulujących wielkość zasobów w różnych kategoriach użytkowania ziemi jest możliwe dzięki wykorzystaniu modeli symulujących dynamikę i sprzężenia pomiędzy mierzalnymi czynnikami opisującymi przestrzeń. Prezentowany w opracowaniu model prognostyczny dla upraw energetycznych został zbudowany w oparciu o metodykę modelowania dynamiki systemów (System Dynamic Modeling), umożliwiającą graficzne przedstawienie struktury matematycznej modelu (2, 3, 9). Podejście takie umożliwia przejrzystą i łatwą do zrozumienia wizualizację mechanizmów procesów zmian struktury wykorzystania przestrzeni kontrolowanych przez czynniki popytowe i polityczne – związane np. z kierunkami wspólnej polityki rolnej, instrumentami wsparcia określonych działów produkcji, działań rolnośrodowiskowych itp.

Celem opracowania jest pierwsze przybliżenie trendów zmian w strukturze wykorzystania przestrzeni rolniczej Polski w perspektywie 2020 roku, przy założeniu, że regulowany przez przepisy popyt (ustawowy poziom udziału biopaliw) na biopaliwa (bioetanol i biodiesel) oraz rośliny energetyczne będzie całkowicie zaspokojony przez odpowiednie powierzchnie upraw. Tym samym podstawową funkcją modelu, w jego obecnym kształcie, jest prognozowanie wpływu zaspokojenia ustawowo wymuszonego popytu na rośliny energetyczne na wzajemne relacje pozostałych upraw i ich udział w strukturze, a także przewidywanie trendów cenowych.

W prowadzonych w środowiskach naukowych i opinii publicznej dyskusjach coraz częściej dostrzega się ryzyko wzrostu cen produktów roślinnych, będącego wynikiem pojawienia się nowych źródeł popytu z sektora energetycznego, konkurujących o przestrzeń z popytem na produkty roślinne generowanym przez sektor żywnościowy. W niektórych opracowaniach stwierdzony wzrost cen, np. pszenicy, rodzący poważne konsekwencje dla konsumentów, tłumaczy się presją sektora energetycznego na przestrzeń rolniczą.

Opis modelu

Na rysunku 1 przedstawiono ideę działania modelu ze wskazaniem sprzężeń zwrotnych pomiędzy czynnikami oddziałującymi na powierzchnię poszczególnych upraw. W modelu występują dwie pętle ujemnego sprzężenia zwrotnego. Pętla 1 kontroluje powierzchnie upraw poszczególnych gatunków, odzwierciedlając wpływ zysku z danej uprawy, w porównaniu ze średnim zyskiem z innych upraw, na decyzje o wyborze kierunku produkcji. Wynika to z racjonalnej przesłanki wyboru przez producentów upraw przynoszących większe nadwyżki. Wzrost poziomu produkcji prowadzi do wzrostu zapasów, co zgodnie z regułami rządzącymi popytem i podażą powoduje spa-



Rys. 1. Schemat sprzężeń zwrotnych w modelu, obrazujący zależności pomiędzy czynnikami kontrolującymi wykorzystanie przestrzeni – przyczynowy diagram pętlowy (CLD – causal loop diagram)

Źródło: Opracowanie własne.

dek cen, decydujących o wartości produkcji. Po uwzględnieniu kosztów model oblicza zysk jednostkowy, który jest porównywany z przeciętnym zyskiem ze wszystkich upraw. Zmniejszająca się różnica pomiędzy zyskiem z danej uprawy a zyskiem średnim powoduje spadek tempa wzrostu jej powierzchni, co wynika ze spadku opłacalności. W modelu uwzględniono wielkość dopłat bezpośrednich, jak również dopłat do uprawy roślin energetycznych (1, 12). Druga pętla ujemnego sprzężenia zwrotnego odzwierciedla wpływ zmian popytu na ceny produktów roślinnych – wzrost popytu prowadzi do spadku zapasów i wzrostu cen, a w konsekwencji wzrastające ceny ograniczają popyt. Istotne znaczenie tej pętli w modelu polega na doprowadzeniu do zrównoważenia popytu i podaży za pomocą mechanizmu kontrolującego popyt poprzez poziom cen. Należy dodać, że mechanizm ujęty w 1 pętli zapewnia równowagę popytu i podaży, ale tempo dochodzenia do równowagi pomiędzy popytem i podażą, bez uwzględnienia mechanizmu cenowego w pętli 2, byłoby zbyt wolne. Regulacja popytu i podaży w 1 pętli jest nieadekwatna z uwagi na określoną bezwładność struktury użytkowania ziemi – w pętli tej równowaga może być uzyskana wyłącznie w wyniku zmian powierzchni upraw, a te nie zachodzą zazwyczaj gwałtownie. Reakcja popytu na ceny jest dużo szybsza aniżeli reakcja podaży (powierzchni upraw). Istotnym czynnikiem w modelu kontrolującym zmiany użytkowania jest poziom dopłat wpływających na zysk z uprawy – sterowanie tym czynnikiem przez użytkownika umożliwia tworzenie różnego rodzaju scenariuszy wpływu polityki rolnej na strukturę upraw, w tym na udział roślin energetycznych.

Na rysunku 2 przedstawiono schemat modelu w postaci diagramów zasobów i przepływów (SFD – stock and flow diagram) odzwierciedlających stan powierzchni upraw oraz zapasów produktów roślinnych (w tym biomasy na cele energetyczne),

regulowanych czynnikami i sprzężeniami wcześniej zobrazowanymi za pomocą diagramu pętlowego (rys. 1). Diagram SFD oddaje strukturę modelu w nieco inny sposób aniżeli diagram CLD - SFD, lepiej różnicuje role poszczególnych składowych modelu, jednoznacznie definiując, które z nich są zasobami (powierzchnią upraw – stock), pomiędzy którymi występują przepływy (zmiana użytkowania – flows). Diagram SFD pokazuje jednoznacznie miejsce i rolę czynników regulujących przepływy (zmianę użytkowania), zobrazowanych jako zawory. Regulacja „stopnia otwarcia” zaworów oddaje proces i tempo zmian użytkowania, formalnie opisane odpowiednimi równaniami różniczkowymi. Diagram SFD, w porównaniu z diagramem CLD (rys. 1), zawiera bardziej przejrzyste informacje o powiązaniach między formułami tworzącymi układ równań opisujących system użytkowania ziemi. Przydatność diagramów SFD i narzędzi umożliwiających ich tworzenie wynika z łatwości konstruowania modeli przez ekspertów nieposiadających przygotowania matematycznego. W budowie modeli znacznie ważniejszym zagadnieniem jest wiedza na temat istotnych czynników wpływających na zachowanie systemu – w rozpatrywanym przypadku struktury upraw – aniżeli formalny opis mechanizmów za pomocą odpowiednich równań. Formalizacja modelu jest zatem niejako zadaniem wtórnym do zrozumienia i opisanie relacji między czynnikami.

W schemacie SFD (rys. 2) za pomocą strzałek zbiegających się w kółkach (konwerterach) bądź w zaworach oznaczono istotne parametry modelowanego systemu. Sformalizowany opis tych parametrów oddają następujące równania:

$$1) \text{ zmiana użytkowania} = \text{zmiana\% pow. na jednostkę zysku} \cdot \text{pow. upraw} \cdot \left(\frac{\text{zysk} - \text{zysk średni}}{\text{stos. aktualnych kosztów do kosztów z 2000r}} \right)$$

$$2) \text{ zysk} = \text{wartość produkcji} - \text{koszty produkcji} + \text{dopłaty}$$

$$3) \text{ wartość produkcji z 1 ha} = \text{cena} \cdot \frac{\text{produkcja}}{\text{powierzchnia upraw}}$$

$$4) \text{ produkcja} = \text{plon} \cdot \text{powierzchnia upraw}$$

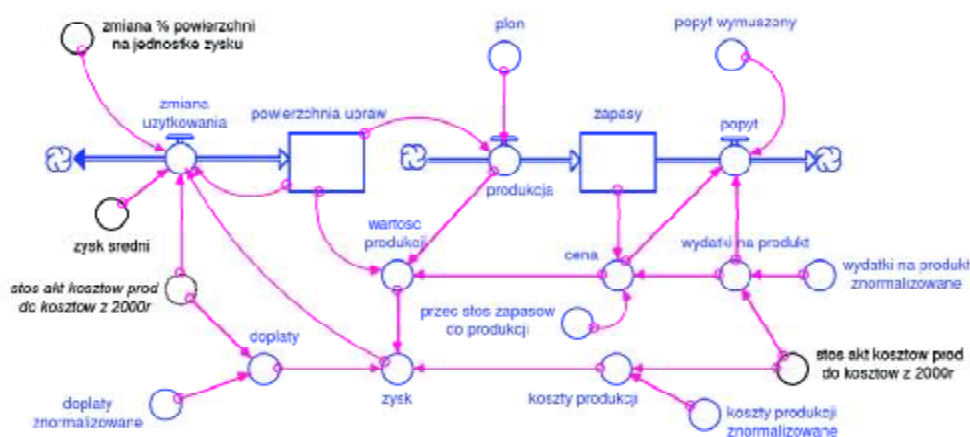
$$5) \text{ koszty produkcji} = \text{koszty produkcji znormalizowane} \cdot \text{stos. aktualnych kosztów do kosztów z 2000r}$$

$$6) \text{ dopłaty} = \text{dopłaty znormalizowane} \cdot \text{stos. aktualnych kosztów do kosztów z 2000r}$$

$$7) \text{ popyt} = \frac{\text{wydatki na produkt}}{\text{cena}} + \text{popyt wymuszony}$$

8) $\text{wydatki na produkt} = \text{wydatki na produkt znormalizowane} \cdot \text{stos. aktualnych kosztów do kosztów z 2000r}$

9) $\text{cena} = \text{wydatki na produkt} \cdot \frac{\text{przeciętny stos. zapasów do produkcji}}{\text{zapasy}}$



Rys. 2. Schemat obrazujący strukturę modelu w postaci diagramów zasobów i przepływów (SFD – Stock and Flow Diagram)

Źródło: Opracowanie własne.

Większość powyższych zależności jest oczywista i nie wymaga wyjaśnienia. Pełniejszej definicji wymaga jednak przyjęte podejście do szacowania popytu i podaży oraz cen na produkty pochodzenia roślinnego.

Moduł regulacji popytu za pomocą cen zakłada jednostkową elastyczność popytu względem cen – oznacza to, że reakcją na procentowy wzrost cen jest proporcjonalny procentowy spadek popytu. Przyjętą w modelu elastyczność popytu odzwierciedla założenie, że pula pieniędzy dostępnego na rynku na zakup określonych produktów roślinnych jest wartością względnie stałą. Założenie takie jest uzasadnione doświadczeniem, że w krótkim czasie potrzeby związane z konsumpcją i udział puli środków przeznaczonych na zakup żywności w budżecie gospodarstw domowych są względnie stałe. Dzięki przyjęciu wartości względnych (udział w budżecie gospodarstw domowych) model uwzględnia wzrost wydatków na żywność, który jest proporcjonalny do wzrostu kosztów produkcji.

Ceny w modelu ustalają się w zależności od poziomu zapasów (7). Zapasy oznaczają nie tylko ilość produktu w magazynach, ale też ilość produktu w formie przetworzonej w sklepach i domach. Założono, że zależność pomiędzy zapasami i ceną jest odwrotnie proporcjonalna, a poziom zapasów odpowiadający danej cenie zmienia się proporcjonalnie do wydatków przeznaczanych na dany produkt. Zakłada się, że wy-

datki przeznaczane na dany produkt w krótkim okresie są stałe, natomiast w dłuższym okresie (więcej niż rok) ewoluują zgodnie ze zmianami preferencji konsumentów. Wydatki przeznaczane na dany produkt są szacowane poprzez trend wykładniczy.

Koszty produkcji modelowane są poprzez iloczyn czynnika stałego (koszty produkcji znormalizowane) wspólnego dla wszystkich form użytkowania ziemi w modelu oraz stosunek aktualnych kosztów do kosztów w 2000 roku. Normalizacja różnicy zysku (podzielenie jej przez stosunek aktualnych kosztów do kosztów w 2000 r.) zapobiega wzrostowi powierzchni zasiewów względem odlogów i ugorów, związanym z tym, że inflacja powoduje globalny wzrost wszystkich zysków wyrażonych w cenach aktualnych.

Kalibracja i walidacja modelu

Model kalibrowano na podstawie danych GUS z lat 1996–2006, charakteryzujących: strukturę zasiewów, wielkość produkcji poszczególnych upraw, ceny płodów rolnych. Dane dotyczące wielkości dopłat pozyskano z bazy Eurostat (1). Kalibracja modelu opiera się na wykorzystaniu metody najmniejszych kwadratów, polegającej na iteracyjnym dopasowaniu współczynników prowadzących do minimalizacji sumy kwadratów różnic wartości przewidywanych przez model i wartości rzeczywistych. Współczynnikami optymalizowanymi w procesie kalibracji są: koszty produkcji oraz współczynnik zmiany procentowego udziału uprawy w strukturze na jednostkę zysku z tej uprawy i średni procentowy wzrost kosztów produkcji dla wszystkich upraw. Jako wartości początkowych w procesie kalibracji użyto wartość produkcji, która w przypadku równowagi rynkowej na doskonale konkurencyjnych rynkach, gdzie zysk jest zerowy, jest równa kosztom produkcji (13). W wyniku optymalizacji uzyskano oszacowanie wartości kosztów produkcji poszczególnych upraw z jednego hektara (tab. 1).

Tabela 1

Porównanie kosztów produkcji uzyskanych w wyniku kalibracji modelu z wartościami oszacowanymi przez IERiGŻ (wartości jednostkowe wyrażone w zł · ha⁻¹)

Uprawa lub użytek	Koszt produkcji z optymalizacji	Wartość produkcji (koszt przy założeniu zerowego zysku)	Koszt produkcji według IERiGŻ (średnia 1999–2004)
Pszenica	1649	1751	1536
Owies i mieszanki	622	919	-
Pozostałe zboża	968	1112	1133
Rzepak	916	1880	1759
Burak cukrowy	4533	4543	3756
Ziemniak	4113	3774	2955
Pastewne	2074	2045	-
Łąki i pastwiska	868	929	-
Rośliny energetyczne	3273	3521	-
Las	88	354	-

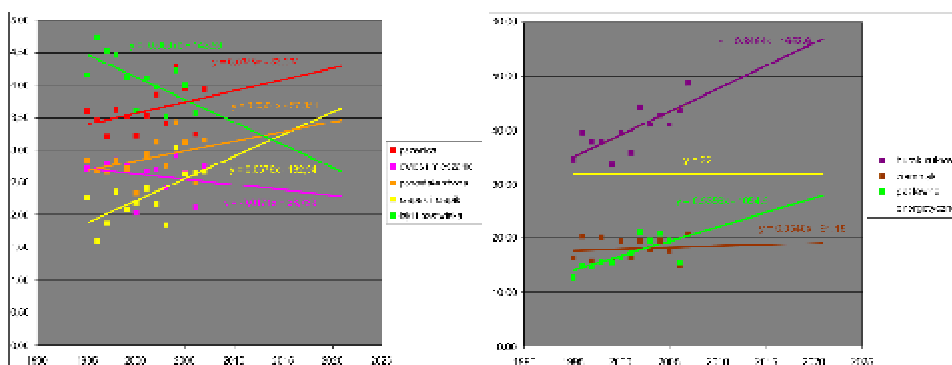
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych IERiGŻ.

Wartości kosztów uzyskanych z modelu są inne niż koszty podawane przez IE-RiGŻ, przy czym wartości symulowane zdają się lepiej odzwierciedlać rzeczywistość. Uzasadnieniem dla takiego twierdzenia jest porównanie powierzchni uprawy i poziomu kosztów produkcji ziemniaka w stosunku do innych upraw. W pewnym stopniu zmniejszenie powierzchni uprawy ziemniaka można wyjaśnić zmianą modelu żywienia trzody chlewnej. Niemniej przy tak niskich kosztach, jak wykazywane przez IE-RiGŻ, w ostatnich latach należałoby się spodziewać znacznie mniejszego spadku powierzchni uprawy z uwagi na wysoką opłacalność produkcji. W tym kontekście wydaje się, że oszacowanie kosztów przez model jest bardziej prawidłowe.

Duża rozbieżność pomiędzy kosztami uprawy roślin energetycznych szacowanymi przez model a podawanymi w literaturze (11) wynika z faktu, że dotychczasowy przyrost powierzchni upraw roślin energetycznych jest stosunkowo powolny i w konsekwencji model podczas kalibracji estymuje wysoki koszt, dążąc do dopasowania modelowanych powierzchni do danych rzeczywistych. Można zakładać, że modelowany koszt jest odzwierciedleniem innych niefinansowych barier, powodujących słaby jak dotąd rozwój upraw energetycznych. Uzyskana w wyniku kalibracji wartość przeciętnego rocznego wzrostu kosztów wynosi 4%, a procentowa zmiana powierzchni na jednostkę zysku to 0,012% na zł zysku z ha.

Istotnym zagadnieniem w prawidłowym prognozowaniu wielkości produkcji jest uwzględnienie wzrostu plonów, wynikającego z postępu technologicznego rolnictwa. Wpływ tego czynnika uwzględniono za pomocą modelu regresji liniowej, gdzie zmienną objaśniającą jest czas wyrażony w latach (rys. 3). Należy zwrócić uwagę na trend spadku plonów mieszanek zbożowych oraz plonów z łąk i pastwisk, co zdaje się być powodowane ekstensyfikacją produkcji w małych gospodarstwach nieprodukujących na rynek. Inną przyczyną objaśniającą taki trend plonów mieszanek może być sposób agregowania danych.

Pozyskanie drewna w lasach w latach 1996–2004 rosło, natomiast w latach 2004–2007 nastąpiła stabilizacja produkcji. Stąd też prognozy w modelu zakładają stały jego



Rys. 3. Równania regresji obrazujące trendy plonów w funkcji czasu

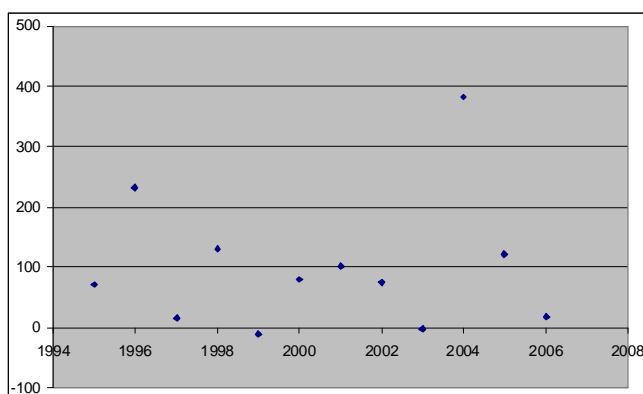
Źródło: Opracowanie własne.

poziom $3,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Przy konstrukcji modelu przyjęto, że lasy nie podlegają presji konkurencyjnej ze strony rolnictwa i nie występują przepływy zmieniające sposób użytkowania z leśnego na rolniczy, nawet w przypadku istotnego wzrostu popytu na ziemię, wynikającego z dużego wzrostu opłacalności produkcji rolniczej.

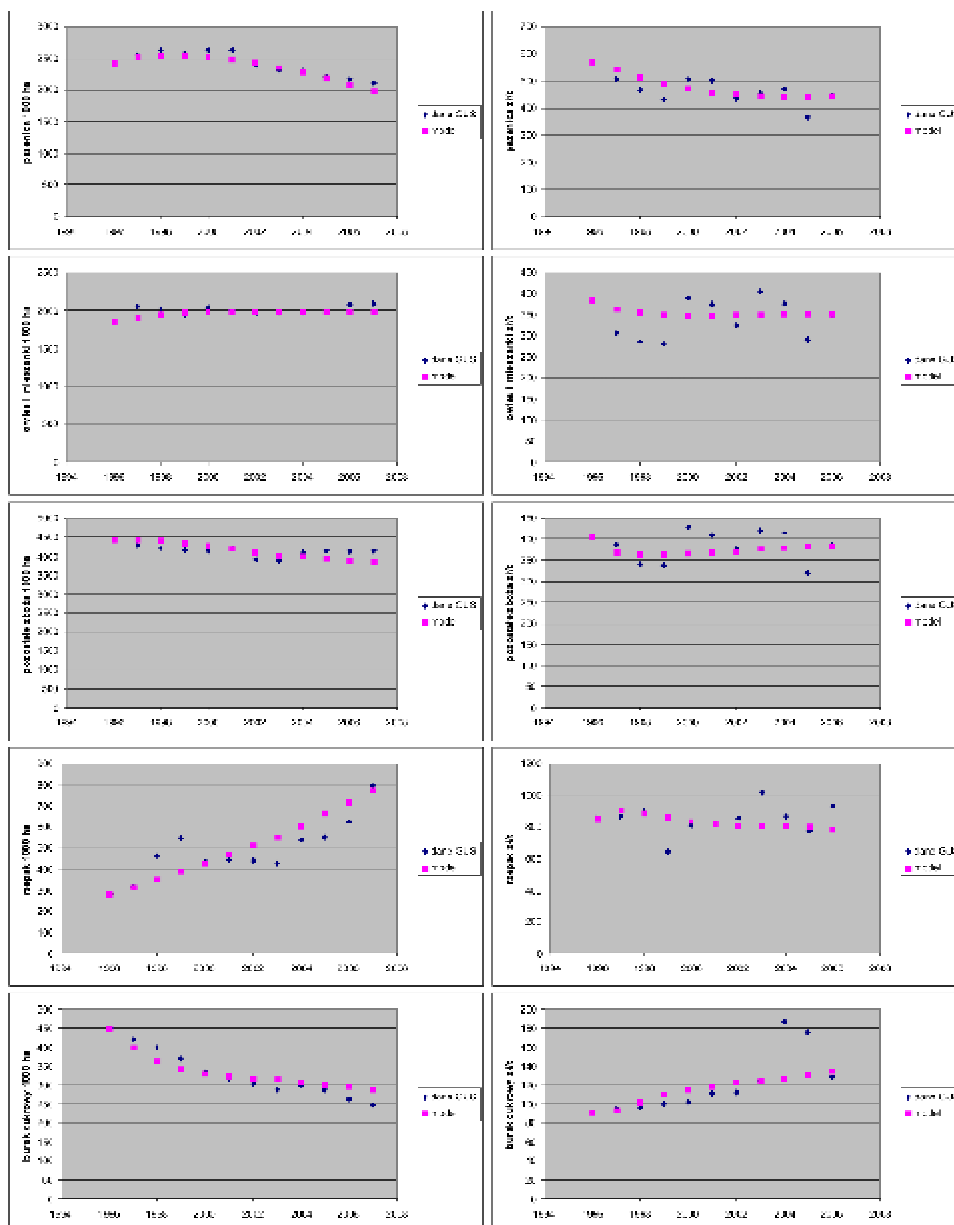
Istotnym czynnikiem decydującym o wyborze upraw, jak również kontynuacji rolniczego wykorzystania przestrzeni jest opłacalność produkcji wyrażona w modelu jako przeciętny zysk z produkcji roślinnej. Zysk z produkcji roślinnej jest w modelu obliczony na podstawie kosztów wygenerowanych przez model w procesie kalibracji. Na rysunku 4 przedstawiono obliczony przez model przeciętny zysk ze wszystkich upraw, jako średnią ważoną po powierzchni upraw.

Na rysunku 5 przedstawiono powierzchnie upraw i ceny płodów rolnych obliczone przez model podczas kalibracji na tle danych rzeczywistych publikowanych przez GUS (4, 5). Zwraca uwagę duża na ogół zgodność trendów symulacji i danych rzeczywistych, przy czym wyniki modelu są bardziej wygładzone, podczas gdy dane GUS podlegają nagłym zmianom, nawet w stosunkowo krótkich przedziałach czasowych. Rozbieżności powierzchni dotyczą niektórych upraw, takich jak ziemniak, rośliny pastewne oraz powierzchnie odłogów i ugorów. Wydaje się, że dane GUS w odniesieniu do tych powierzchni cechuje duża niepewność będąca prawdopodobnie wynikiem niespójności metodyki w poszczególnych latach. Wyjaśniałoby to duże skoki wartości powierzchni w roku 2002 odnotowane w Powszechnym Spisie Rolnym (PSR), podczas gdy dane z kolejnych lat pochodzą z Banku Danych Regionalnych (BDR), którą to bazę tworzy znacznie mniejsza liczba obserwacji.

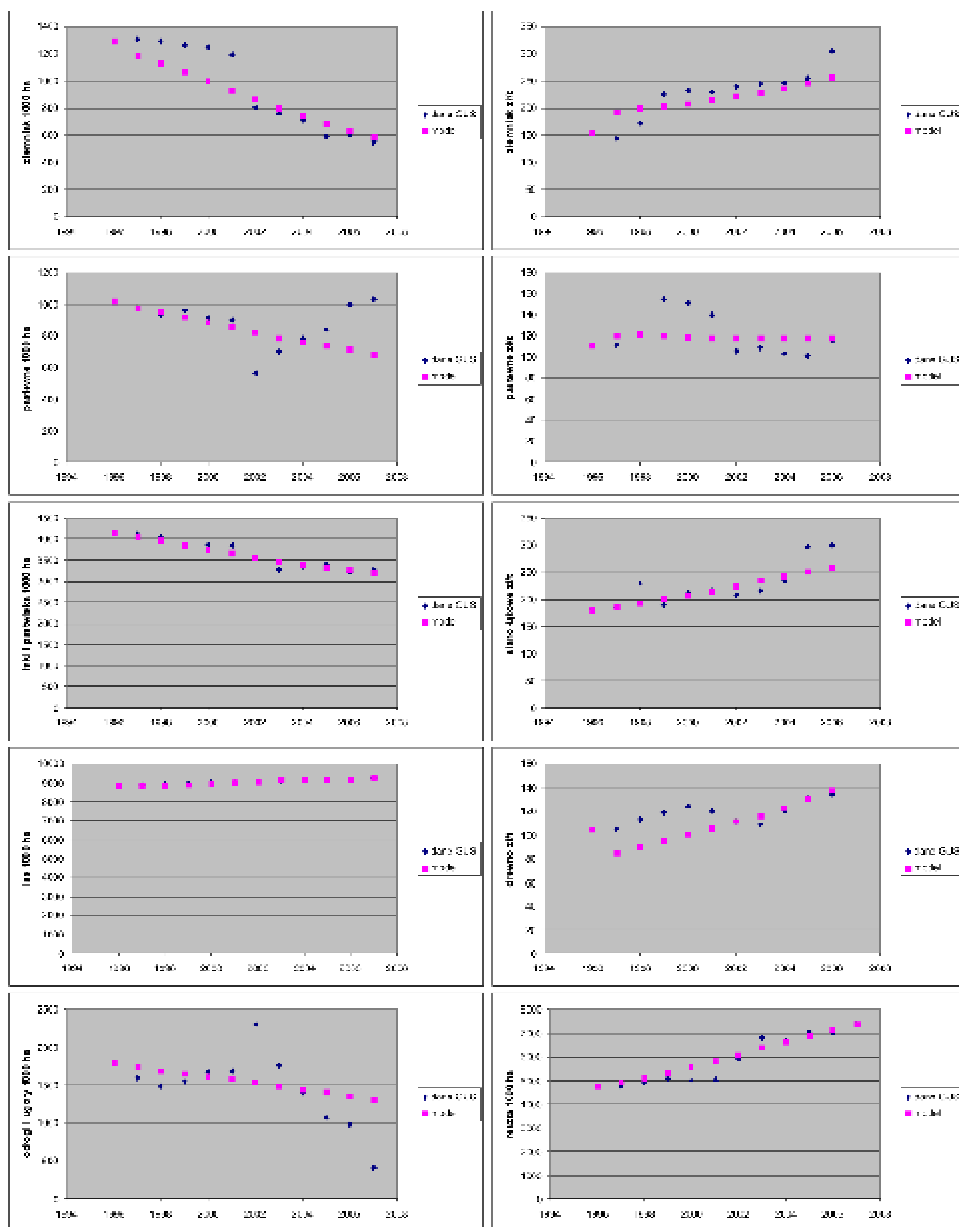
Trendy cenowe wyznaczone przez model są na ogół dobrze dopasowane do rzeczywistych, przy czym przyczyną większych rozbieżności w niektórych latach mogą być wahania koniunktury na rynkach międzynarodowych, fluktuacje inflacji związane z kosztami cen surowców i energii, których model nie jest w stanie przewidywać, gdyż nie są one w nim uwzględnione. Najlepsze dopasowanie danych z modelu do danych rzeczywistych uzyskano dla zbóż, przy czym w znacznej mierze może być to



Rys. 4. Przeciętny zysk z uprawy roślin wyliczony przez model w procesie kalibracji (zł · ha⁻¹)
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 5. Wyniki kalibracji modelu – porównanie danych rzeczywistych dotyczących powierzchni zasiewów podstawowych upraw i cen płodów rolnych z wynikami symulacji uzyskanymi z modelu
Źródło: Opracowanie własne.



cd. rys. 5. Wyniki kalibracji modelu – porównanie danych rzeczywistych dotyczących powierzchni zasiewów podstawowych upraw i cen płodów rolnych z wynikami symulacji uzyskanymi z modelu
Źródło: Opracowanie własne.

wynikiem względnej stabilności powierzchni uprawy, jak również zdecydowanej ich dominacji w strukturze zasiewów.

Ze względu na ograniczoną serię czasową danych wejściowych do modelu i ich fluktuację w krótkich okresach czasu nie można było przeprowadzić właściwej walidacji modelu. Niemniej dobre dopasowanie trendów danych statystycznych do trendów oszacowanych pośrednio wskazuje, że model dobrze odzwierciedla mechanizmy procesów kształtujących strukturę upraw oraz ceny płodów rolnych (rys. 5).

Prognozy dla lat 2007–2020

W prognozach powierzchni upraw oraz cen płodów rolnych przyjęto trzy scenariusze:

1. bazowy, w ramach którego nie prowadzi się polityki wspierającej uprawy roślin energetycznych i brak jest regulacji prawnych obligujących do wykorzystania surowców roślinnych w produkcji paliw i w energetyce. Dopłaty do uprawy pozostają na obecnym poziomie.

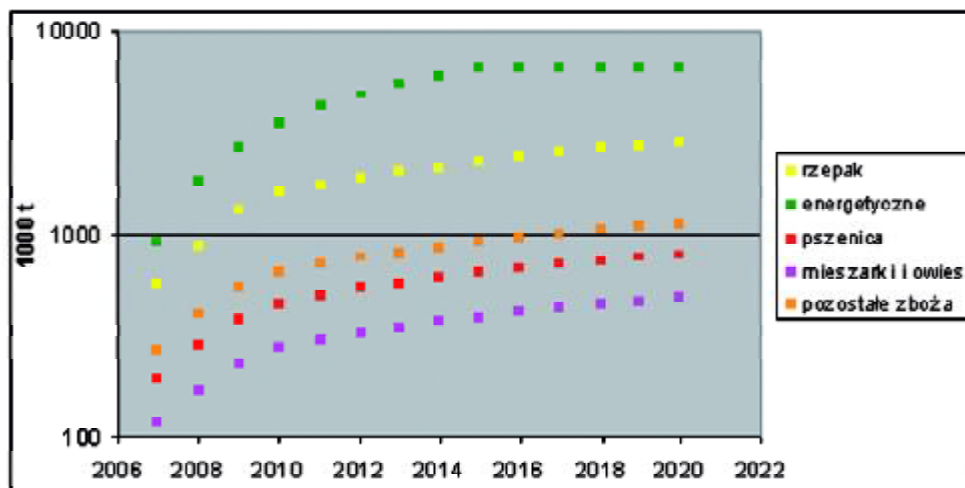
2. popyt na biodiesel i bioetanol jest wymuszony przewidzianymi w istniejących regulacjach prawnych dodatkami do paliw, a współspalanie biomasy przez energetykę osiągnie poziom 660 000 ton s.m. do roku 2015 oraz utrzyma się na tym poziomie do 2020 roku. Popyt na produkty rolno-spożywcze nie jest wymuszony – to znaczy, że nie zakłada się konieczności zapewnienia co najmniej obecnego poziomu wykorzystania ziemiopłodów na cele związane z produkcją żywności. Scenariusz ten odpowiada umiarkowanej presji biopaliw i ich konkurencji o przestrzeń rolniczą z produkcją żywności. Dopłaty do upraw pozostają na obecnym poziomie.

3. popyt konsumpcyjny na produkty rolno-spożywcze jest wymuszony na obecnym poziomie, a popyt na biopaliwa jest wymuszony, tak jak w scenariuszu 2. Dopłaty do upraw pozostają na obecnym poziomie. Scenariusz ten odpowiada sytuacji silnej konkurencji pomiędzy wykorzystaniem przestrzeni na cele produkcji żywności a biopaliwami.

W scenariuszach z biopaliwami założono również, że popyt na bioetanol będzie zaspokajany przez powierzchnię obecnie zajęta przez zboża i mieszanki zbóż (8), natomiast ze względu na wysokie koszty technologii nie przewiduje się wykorzystania buraka i ziemniaka. Przyjęto także założenie, że popyt na biodiesel jest zaspokajany przez rzepak, a udział poszczególnych zbóż w zaspokojeniu popytu na bioetanol jest analogiczny do struktury produkcji ziarna w 2006 roku: pszenicy – 33%, mieszanek i owsa – 20%, pozostałych zbóż – 47% (rys. 6).

Dane dotyczące poziomu dopłat wzięto z bazy Eurostatu (1) – poziom dopłat i wydatków konsumentów w analizie *ex ante* do roku 2020 przyjęto na poziomie z 2006 roku.

Analiza przedstawionych scenariuszy umożliwia zweryfikowanie hipotezy, że realizacja obecnych prawnych zobowiązań w zakresie biopaliw wpłynie na strukturę upraw oraz wzrost cen. Wyniki prognozy powierzchni upraw i cen podstawowych ziemiopłodów do roku 2020 przedstawiono w tabeli 2.



Rys. 6. Wielkość wymuszonego popytu na biopaliwa dla poszczególnych upraw
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie pracy J. Kusia i A. Fabera (8).

Uzyskane wyniki wskazują jednoznacznie, że polityka zakładająca określony poziom dodatków do paliw płynnych oraz współspalanie biomasy w energetyce zawodowej prowadzi do wzmocnienia konkurencji o przestrzeń rolniczą. Różnica pomiędzy cenami przewidywanymi dla scenariusza 1, 2 i 3 jest miarą szacowanego wpływu obecnej polityki w zakresie biopaliw na zachowanie się rynku surowców roślinnych. Pojawienie się nowego wymuszonego źródła popytu prowadzi w konsekwencji do wzrostu cen podstawowych ziemiopłodów, przy czym wielkość tych zmian silnie zależy od scenariusza (tab. 2). Wzrost cen w scenariuszu 1 (bazowym), nie wymuszającym produkcji biopaliw, wynika z prognozowanych procesów inflacyjnych. Różnica pomiędzy scenariuszem 1 (bazowym) a scenariuszem 2 – z wymuszoną produkcją biopaliw i ograniczonym w stosunku do dzisiejszego poziomu popytem konsumpcyjnym – jest stosunkowo niewielka i dla poszczególnych ziemiopłodów wynosi: pszenicy – 13%, owsa i mieszanek – 31%, pozostałych zbóż – 17%. Prognozowane dla tych dwu scenariuszy ceny ziemiaka i buraka pozostają na zbliżonym poziomie. Umiarkowany wzrost cen ziemiopłodów w scenariuszu 2, w stosunku do scenariusza bazowego, jest na poziomie zbliżonym do prognozy opublikowanej przez FAO (10). Niemniej realizacja scenariusza 2 wydaje się mało realna z uwagi na fakt, że zapotrzebowanie na żywność do roku 2020, mimo prognozowanego przez GUS spadku liczby ludności, będzie na co najmniej obecnym poziomie. Należy się zatem spodziewać silniejszej konkurencji o przestrzeń rolniczą, czyli sytuacji bliższej scenariuszowi 3, który charakteryzuje się największymi wahaniami cen ziemiopłodów w poszczególnych latach objętych prognozą. Dlatego też porównywanie cen z roku 2020 nie byłoby adekwatne – duże fluktuacje cen wynikają tutaj z silnej konkurencji pomiędzy produkcją biopaliw a produkcją żywności (rys. 7). Duże oscylacje modelu w scenariuszu 3 wynikają

Tabela 2

Prognoza zmian powierzchni upraw i cen ziemiopłodów do 2020 r.

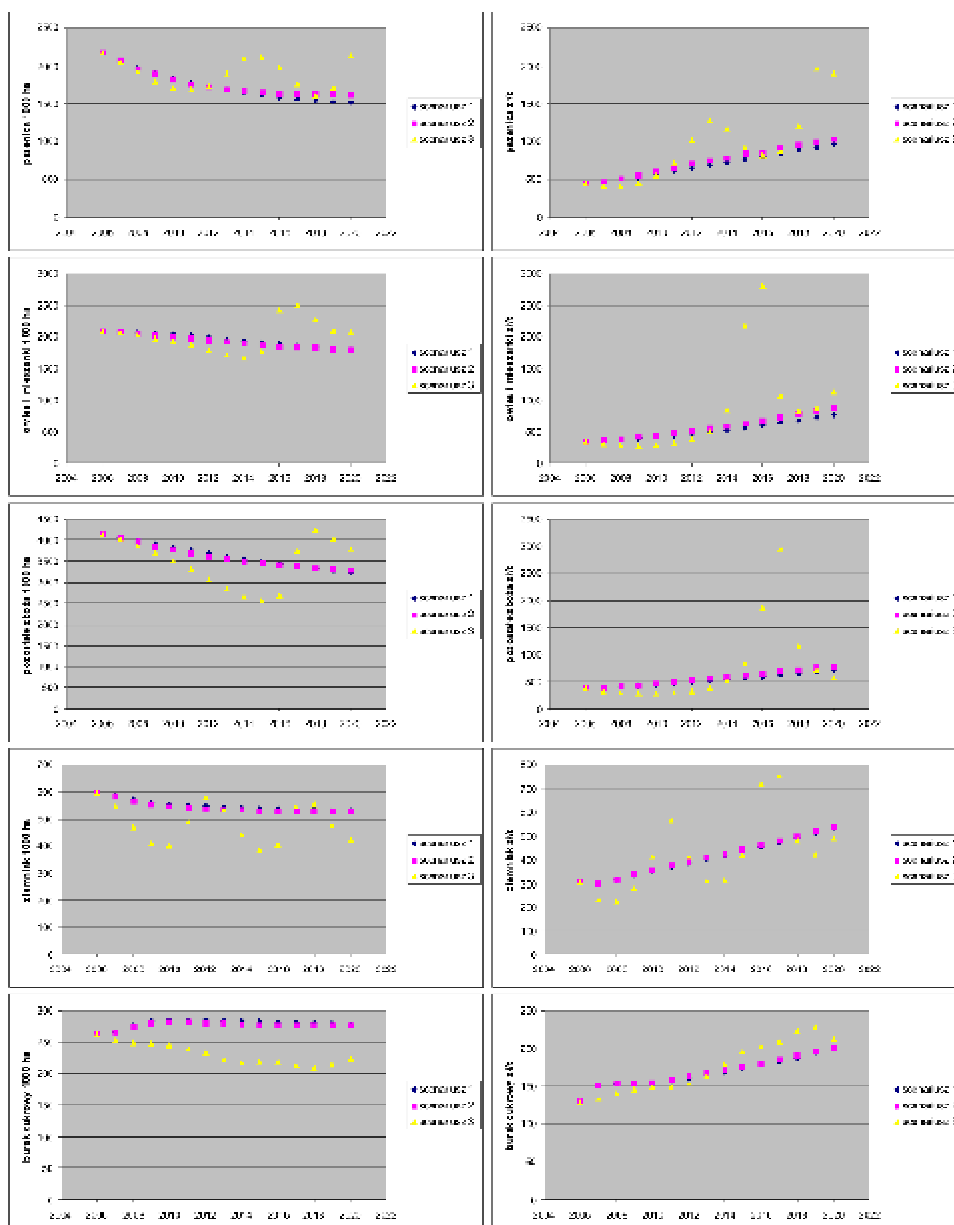
Uprawy lub użytek	Zmiana popytu na biomasę w stosunku do 2006 r. (1000 t) wg scenariusza 2		% zmiana powierzchni w stos. do 2006 r. wg scenariusza			% zmiana ceny w stos. do 2006 r. wg scenariusza		
	tys. t	%	1	2	3	1	2	3
Pszenvica	798	11	-30	-25	-2	117	130	326
Owies i mieszanki	483	11	-14	-14	-1	120	151	223
Pozostałe zboża	1136	11	-22	-20	-8	85	102	50
Rzepak	2820	171	55	165	130	-23	-14	-50
Burak cukrowy	0	0	6	5	-15	54	56	65
Ziemniak	0	0	-11	-12	-29	74	76	59
Rośl. paste- wne	0	0	-41	-43	-53	59	63	81
Łąki i pa- stwiska	0	0	-21	-26	45	165	180	185
Rośliny energety- czne	6600	2868	-14	5735	5726	113	88	588
Odłogi i ugory	-	-	-45	-51	-67	-	-	-

Źródło: Opracowanie własne.

z trudności dopasowania podaży do popytu. Z jednej strony takie zachowanie modelu można traktować jako jego słabość, niemniej może to również wskazywać na realne ryzyko dużych wahań cen analogicznych do tych z jakimi mamy dziś do czynienia na rynku mięsa. Ceny przewidywane przez model dla scenariusza 3, ze względu na silne oscylacje, należy traktować z dużą ostrożnością – przykładem są ceny pszenicy, których wzrost w stosunku do scenariusza bazowego jest o ponad 200% większy (w porównaniu do cen z 2006 roku). W scenariuszu tym okresowo przeszacowane są ceny roślin energetycznych. Scenariusze 2 i 3 należy traktować jako przypadki skrajne – odpowiednio popytu o elastyczności jednostkowej i popytu doskonale nieelastycznego. Można się spodziewać, że w rzeczywistości będziemy mieli do czynienia z realizacją scenariusza pośredniego pomiędzy 2 i 3. Prognozy dla wszystkich scenariuszy przewidują umiarkowany spadek cen rzepaku, co nie wydaje się realne i jest prawdopodobnie związane z rozkładem wartości danych dla okresu, na podstawie którego wykonano kalibrację modelu (tab. 2). Model oblicza także ceny dla produkcji z łąk i pastwisk – w kalibracji wykorzystano cenę siana łąkowego wg GUS (4, 5). Różnica między scenariuszami wynosi tutaj 15%; na tej podstawie można przewidywać pewien wpływ realizacji scenariuszy 2 i 3 na wzrost cen mleka.

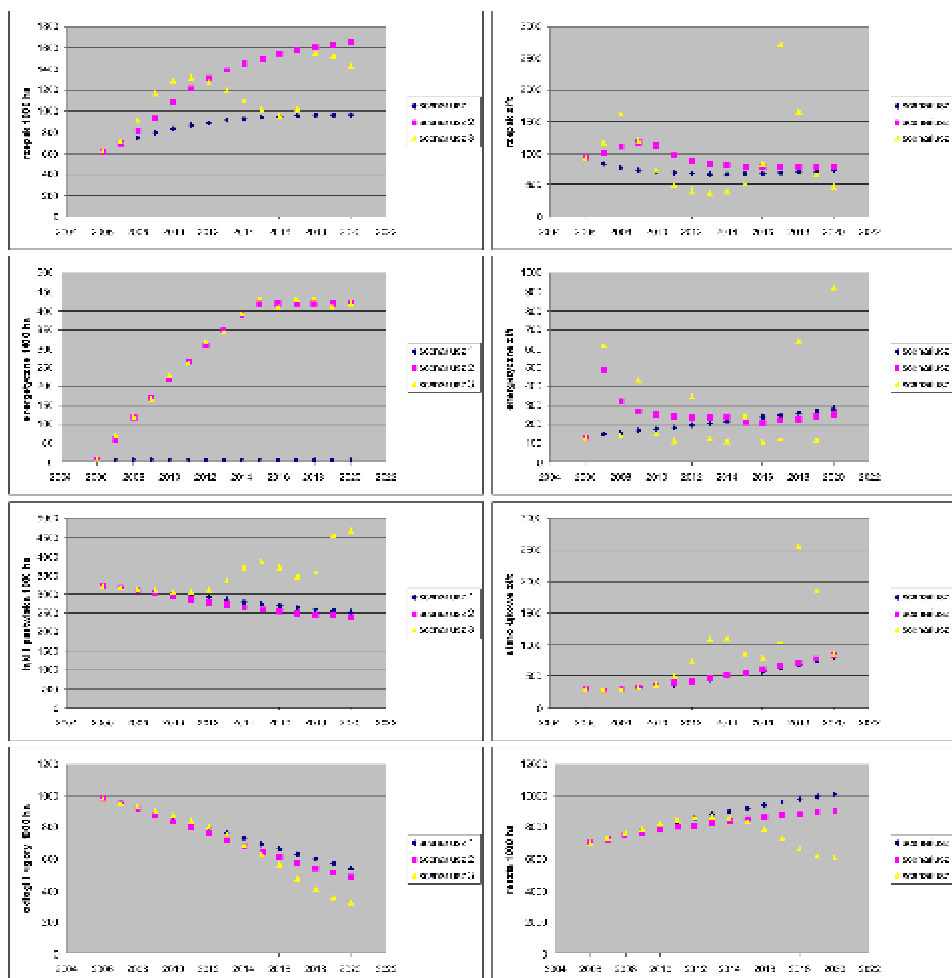
Analizowane scenariusze mają również znaczący wpływ na zmiany powierzchni poszczególnych upraw. W scenariuszu bazowym przewiduje się zmniejszenie powierzchni uprawy pszenicy (-30%), ziemniaka (-11%), łąk i pastwisk (-21%), a zwłaszcza

roślin pastewnych (-41%) oraz powierzchni odłogów i ugorów (-45%); (tab. 2). W scenariuszach z biopaliwami znacznie intensywniejszemu ograniczeniu niż w scenariuszu bazowym ulegają odłogi i ugory, które ponownie zostają włączone do uprawy (rys. 7).



Rys. 7. Wyniki prognozy powierzchni uprawy i cen ziemiopłodów w latach 2006–2020 dla trzech scenariuszy

Źródło: Opracowanie własne.



cd. rys. 7. Wyniki prognozy powierzchni uprawy i cen ziemiopłodów w latach 2006–2020 dla trzech scenariuszy

Źródło: Opracowanie własne.

Przedstawiony model należy traktować jako pierwsze przybliżenie prognozy wpływu polityki odnoszącej się do biopaliw na strukturę upraw w Polsce oraz na ceny podstawowych ziemiopłodów. Wyniki modelowania potwierdzają obawy niektórych autorów i organizacji międzynarodowych, takich jak FAO i OECD, że wymuszenie popytu na biopaliwa może prowadzić do wzrostu konkurencji o przestrzeń rolniczą oraz do wzrostu cen (10). Ograniczona na obecnym etapie ilość danych dotyczących produkcji roślin energetycznych utrudnia kalibrację modelu, obarczając wyniki symulacji stosunkowo dużą niepewnością, zwłaszcza w odniesieniu do cen ziemiopłodów. Wiarygodność kolejnych przybliżeń prognoz, w miarę rozwoju upraw energetycznych

i kształtowania się mechanizmów cenowych uwzględnionych w kalibracji, będzie wzrastać. Konstrukcja modelu w jego obecnej postaci nie uwzględnia szeregu ważnych czynników mogących mieć wpływ na wyniki symulacji, w tym zwłaszcza sytuacji na rynku globalnym zarówno jeśli chodzi o ceny paliw i surowców, jak również ceny płodów rolnych – silnie zależne od trudnych do przewidzenia zdarzeń katastrofalnych, takich jak na przykład susze o zasięgu kontynentalnym.

Słabością modelu jest również brak modułu uwzględniającego mechanizm redystrybucji dochodu z produkcji mięsa na uprawy pastewne – zyski zrealizowane w ramach produkcji zwierzęcej mają swoje źródło w uprawie roślin pastewnych, które konkurują o przestrzeń z innymi gatunkami roślin. Adekwatne oddanie atrakcyjności uprawy roślin pastewnych wymaga odpowiedniej redystrybucji zysku z produkcji zwierzęcej na ich powierzchnię. Problem ten uwidocznił się już w kalibracji modelu na podstawie serii danych z lat 1996–2007; w rzeczywistości powierzchnia roślin pastewnych od roku 2002 do 2007 rosła, tymczasem model wskazuje na jej spadek.

Istotnym ograniczeniem modelu jest agregacja danych dla całego kraju. W przyszłości konieczne będzie opracowanie nowej wersji generującej prognozy zmian powierzchni upraw dla poziomu regionów i subregionów, co będzie wymagało uwzględnienia zróżnicowania warunków glebowych i klimatycznych, a co za tym idzie wielkości plonów i związanej z tym opłacalności produkcji. Na zróżnicowanie regionalne będzie miała również wpływ struktura obszarowa gospodarstw i możliwość zaangażowania określonych środków technologicznych, a także uzyskania efektu skali, zwłaszcza uprawa roślin na współspalanie w małych gospodarstwach może być poddana tym czynnikom ograniczającym.

W modelu założono jedną wartość współczynnika reakcji zmiany względnej powierzchni na różnicę zysku z danej uprawy i przeciętnego zysku ze wszystkich upraw. Tymczasem dla roślin takich, jak wierzba, które będą uprawiane w głównej mierze w gospodarstwach wielkoobszarowych (przedsiębiorstwach rolnych), a w znacznie mniejszym stopniu w gospodarstwach przeciętnych, tempo przyrostu powierzchni w dużych gospodarstwach w wyniku efektu skali, nawet przy stosunkowo niewielkiej zmianie zyskowności, będzie znacznie większe niż w tradycyjnym modelu rolnictwa.

Ewolucja powierzchni upraw w zależności od różnicy zysku jest ujęta w modelu zależnością liniową; wpływ poziomu zysku na decyzje producentów może być, zwłaszcza w niektórych okresach, nieliniowy. Należy jednak dodać, że przyjęcie zależności liniowej pomiędzy różnicą zysku z uprawy i zyskiem przeciętnym a procentową zmianą powierzchni upraw jest przy obecnej strukturze modelu gwarancją zbilansowania powierzchni całkowitej.

W przyszłych rozwiązaniach modelu należałoby odejść od założenia, że koszty wszystkich upraw rosną w jednakowym tempie i zastąpić koszty uzyskane w wyniku kalibracji danymi o rzeczywistych kosztach poszczególnych upraw.

Podsumowanie

Przedstawiony w opracowaniu model obrazuje możliwe konsekwencje wdrażania obecnego kształtu instrumentów polityki odnoszących się do roślin energetycznych oraz udziału biokomponentów w paliwach. Do korzystnych następstw wywołania popytu na rośliny energetyczne należy ograniczenie powierzchni ugorów i odłogów, zapobiegające utracie rolniczego charakteru wielu obszarów. Analizowany scenariusz zaspokojenia popytu na biomasę z rolnictwa przeznaczoną na cele energetyczne, w powiązaniu z istniejącymi zobowiązaniami energetyki i sektora paliwowego, nie spowoduje znaczącego spadku powierzchni tradycyjnych upraw, takich jak zboża, będzie miał natomiast znaczący wpływ na wzrost cen podstawowych ziemiopłodów. Zmiany demograficzne i wzrost plonów spowodują możliwość zaspokojenia potrzeb konsumpcyjnych w oparciu o produkcję zbóż realizowaną na mniejszej powierzchni. Trzeba wyraźnie zaznaczyć, że uzyskana z modelu prognoza wzrostu cen ziemiopłodów jest obciążona dużym poziomem niepewności. Niemniej wyniki uzyskane dla scenariusza z wymuszoną produkcją biopaliw i umiarkowaną konkurencją o przestrzeń rolniczą pomiędzy roślinami energetycznymi a produkcją żywności wskazują na realne ryzyko wzrostu cen zbóż o około 10-20%. W przypadku silnej konkurencji pomiędzy produkcją żywności a biopaliwami prawdopodobne jest, że ceny płodów rolnych będą podlegać silnym wahaniom w poszczególnych latach, a przeciętny wzrost cen, liczony w dłuższym okresie, może przekraczać 50%. Wiarygodność prognoz generowanych przez model będzie wzrastać wraz z pozyskaniem nowych danych do kalibracji dotyczących powierzchni uprawy i cen ziemiopłodów, w tym zwłaszcza roślin energetycznych.

Literatura

1. EUROSTAT: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
2. Forrester J. W.: Industrial dynamics. Pegasus Communications: Waltham, MA, 1961.
3. Forrester J. W.: World dynamics. Pegasus Communications: Waltham, MA, 1971.
4. GUS: <http://www.stat.gov.pl>
5. GUS: Roczniki statystyczne rolnictwa i obszarów wiejskich 2006, 2007.
6. IERiGŻ: Produkcja, koszty i dochody wybranych produktów rolniczych 1999–2004.
7. Kwasnicki W.: Podażowo-popytowy model wzrostu gospodarczego. <http://prawo.uni.wroc.pl/~kwasnicki>
8. Kuś J., Faber A.: Alternatywne kierunki produkcji rolniczej. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, 7: 139-149.
9. Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., Behrens W.: The limits to growth. Universe Books. New York, 1972.
10. OECD-FAO Agricultural Outlook 2007–2016. OECD/FAO 2007.
11. Rosenqvist H.: Energy crop production costs in the EU today and in the future. Conf. mat. "Biomass & Bioenergy", Tallinn, 2008.
12. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 17 sierpnia 2005 r. w sprawie szczegółowych warunków i trybu udzielania dopłat z tytułu prowadzenia plantacji wierzby (*Salix* sp.) lub róży bezkolcowej (*Rosa multiflora* var.) wykorzystywanych na cele energetyczne oraz procento-

- wego wskaźnika kontroli producentów rolnych prowadzących te plantacje (Dz. U. z 2005 r., Nr 159, poz. 1338).
13. S a m u e l s o n P. A., N o r d h a u s W. D.: *Ekonomia*. T. 1, PWN Warszawa, 2004.
 14. S z c z u k o w s k i S., B u d n y J.: *Wierzba krzewiasta – roślina energetyczna*. Wyd. GPWODR, Olsztyn, 2003.
 15. S z e p t y c k i A.: *Biopaliwa – zalecenia UE, potrzeby, realne możliwości produkcji*. *Inż. Rol.*, 2007, **7(95)**.
 16. Ż m u d a K.: *Biomasa do celów energetycznych – społeczne, gospodarcze i prawne uwarunkowania wykorzystania biomasy*. *Mat. Konf. „Biomasa dla elektroenergetyki i ciepłownictwa – szanse i problemy”*. Warszawa, 2007.

Adres do korespondencji:

doc. dr hab. Tomasz Stuczyński
Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. (081) 886-34-21, w 311
e-mail: ts@iung.pulawy.pl