

OCENA KRYTERIALNA OPTYMALNEGO DOBORU MASZYN ROLNICZYCH

Piotr Komarnicki, Bogdan Stepień, Roman Stopa
Zakład Inżynierii Systemów Agrotechnicznych i Bezpieczeństwa Pracy
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. W pracy przedstawiono koncepcję procedury optymalnego doboru maszyn rolniczych opartą o kryteria intensywności użytkowania maszyn oraz ograniczonego czasu agrotechnicznego. Przeprowadzone zostały obliczenia symulacyjne do oceny racjonalnego doboru kombajnu zbożowego oraz siewnika zbożowego w oparciu o przyjęte założenia dotyczące: struktury powierzchni pól, uprawianej rośliny, plonu, liczby dni dyspozycyjnych w okresie agrotechnicznym, wskaźników eksploatacyjno-ekonomicznych maszyn oraz ustalonej normatyw godzin pracy w ciągu dnia. Przedstawiona procedura obliczeniowa pozwoliła wyznaczyć optymalne zakresy wykorzystania maszyn przy spełnieniu warunku podstawowych wymagań agrotechnicznych oraz określonym progu wydajności eksploatacyjnej. Z wycień warunku intensywności użytkowania otrzymano, że skorygowane normatywne wykorzystanie dla siewnika zbożowego wynosiło $50 \text{ h} \cdot \text{rok}^{-1}$, natomiast dla kombajnu zbożowego kształtowało się na poziomie $116 \text{ h} \cdot \text{rok}^{-1}$. Wykazano, że dopuszczalne, rzeczywiste wykorzystanie godzinowe powinno być większe niż $40 \text{ h} \cdot \text{rok}^{-1}$ dla siewnika zbożowego, natomiast dla kombajnu zbożowego powinno przekraczać $92 \text{ h} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Słowa kluczowe: dobór maszyn, optymalizacja, wykorzystanie roczne, czas agrotechniczny

Wstęp i cel badań

Struktura obszarowa gospodarstw rolnych w Polsce charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem pod względem ich wielkości: od kilku do kilku tysięcy hektarów. Problem znacznego rozdrobnienia występuje głównie w sektorze mniejszych gospodarstw indywidualnych, co w dużej mierze wynika z podziałów rodzinnych. Widać również, że rolnicy podchodzą z niechęcią do idei organizowania się w grupy producenckie czy stowarzyszenia. Dlatego też rozszerzenie skali obszarowej gospodarstw wydaje się być bardzo trudnym zadaniem. Gospodarstwo o małej skali produkcji zwykle nie jest w stanie wypracować dochodów umożliwiających sfinansowanie bogatego zestawu maszyn. Mała skala produkcji ogranicza także możliwości racjonalnego wykorzystania maszyn, czego wyrazem są nadmiernie wysokie koszty ich eksploatacji oraz niska opłacalność produkcji. Konieczne jest zatem wsparcie finansowe inwestycji mających na celu poprawę konkurencyjności gospo-

darstw rolnych poprzez modernizację technicznej infrastruktury produkcyjnej, dostosowanie profilu, skali i jakości produkcji do potrzeb rynku, poprawę bezpieczeństwa żywności, poprawę warunków utrzymania zwierząt, ochrony środowiska lub bezpieczeństwa pracy [Pałucha 2005]. Modernizacja gospodarstw rolnych ma na celu zwiększenie ich efektywności poprzez lepsze wykorzystanie czynników produkcji, w tym wprowadzenie nowych technologii produkcji, poprawę jakości produkcji, różnicowanie działalności rolniczej [Pawlak 2011]. Poprawie efektywności sprzyja m.in. redukcja nakładów energii w przeliczeniu na jednostkę produkcji [Šařec i in. 2005; Dobek, Piernicka 2005]. Do najbardziej energochłonnych zabiegów w produkcji roślinnej należy przedsięwzięcie uprawy gleby. Dąży się zatem do oszczędności w ramach tego zabiegu poprzez wdrażanie uproszczonych i bezorkowych metod uprawy, które najczęściej stosuje się w wielkoobszarowych gospodarstwach. Uproszczenia uprawy powodują jednak zwiększenie nakładów związanych z chemicznym zwalczaniem chwastów. Zatem w tej dziedzinie także należy szukać oszczędności. Można zastosować opryskiwacze wyposażone w kamery wykonujące zdjęcia pola i na podstawie analizy komputerowej aplikować odpowiedni herbicyd w kierunku konkretnych gatunków chwastów; zwiększy to efektywność nakładów związanych z ochroną roślin, a jednocześnie sprzyjać będzie poszanowaniu środowiska naturalnego [Pawlak 2010].

Istotnym czynnikiem wpływającym na zasadność zakupu maszyny o określonej wydajności i potencjale eksploatacyjnym są wymagania dotyczące długości terminów agrotechnicznych poszczególnych technologii produkcji roślinnej. Większość prac w rolnictwie wykonywana jest w krótkich, określonych okresach zwanych agrotechnicznymi [Banasiak 1995]. Są to okresy zgodności stanów środowiska glebowego i faz rozwojowych roślin z warunkami technicznymi pracy maszyn. Parametry czasowe (suma czasu dyspozycyjnego i terminy) mają szczególny wpływ na produkcję rolniczą. Mogą one wpływać pozytywnie lub niekorzystnie na sumaryczny efekt współdziałania środowiska przyrodniczego i działających w tym środowisku maszyn [Banasiak 2008a]. Szczególnie ważne jest także racjonalne wykorzystanie czasu zmiany roboczej ze względu na ograniczoność liczby dni dyspozycyjnych (np. dla zbioru 10 dni) w terminach wykonania czynności (np. VIII₁₋₂ dekada). W podstawowej mierze decyduje to o wymaganej w rolnictwie terminowości wykonania poszczególnych prac. Pożądanym jest więc zarówno wysoki techniczny potencjał wykonawczy maszyn, jak i wysoki udział efektywnie wykorzystanego czasu pracy [Banasiak 2008b]. Według Banasiaka [2004] wybór maszyny do realizacji określonego fragmentu procesu technologicznego powinien wynikać z oceny jej walorów eksploatacyjnych, wśród których bardzo ważnym jest ilość pracy do wykonania w jednostce czasu, czyli wydajność. Przy doborze maszyn do gospodarstwa należy przede wszystkim pamiętać o zasadzie dostosowania inwestycji do skali produkcji – maszyny i ciągniki powinny z jednej strony umożliwić wykonanie prac polowych w optymalnych terminach, w możliwie krótkim okresie czasu, a z drugiej strony liczba i wydajność posiadanych zestawów ciągnikowo-maszynowych nie może być zbyt duża z uwagi na ryzyko przeinwestowania gospodarstwa ponad jego możliwości akumulacji i odtwarzania posiadanych zasobów [Muzalewski 2008b]. Planując modernizację gospodarstwa trzeba pamiętać, że zakup maszyn i ciągników rolniczych wiąże zainwestowany w nie kapitał na wiele lat ich użytkowania [Muzalewski 2006; Pruska 2006]. Wyrazem tego przeinwestowania jest także brak możliwości racjonalnego wykorzystania maszyny, co przekłada się na wzrost kosztów i spadek opłacalności produkcji, kłopoty finansowe gospodarstwa. Według Muzalewskiego [2008a]

wprowadzenie do gospodarstwa nowej maszyny, ciągnika bądź urządzenia, powinno przyczynić się na przykład do poprawy: organizacji produkcji, terminowości realizacji zabiegów polowych, jakości wykonania prac maszynowych, polepszenia warunków i bezpieczeństwa pracy rolników, a także do zmniejszenia niekorzystnego oddziaływania techniki rolniczej na środowisko. Suma powyższych wymiernych i bezpośrednio niewymiernych efektów nowoczesnej mechanizacji powinna przeważać nad kosztami jej stosowania. Można wtedy stwierdzić, że zakup maszyny jest racjonalny. Tę racjonalność należy pojmować jako efektywne użytkowanie technicznych środków pracy generujące określone korzyści dla gospodarstwa.

Określenie liczebności potrzebnych w zestawie maszyn to dobór ilościowy, dla którego można zaproponować procedurę optymalizacyjną. Optymalizacja, według Stadnickiego [2006], to zadanie polegające na znalezieniu takich wartości zmiennych decyzyjnych, dla których funkcja celu osiąga minimum lub maksimum w zbiorze dopuszczalnym. Jeśli za zmienną decyzyjną przyjmie liczbę potrzebnych maszyn, to dla jej wyznaczenia niezbędne będzie określenie podstawowych kryteriów – warunków, które ograniczałyby zbiór dopuszczalny. Celem pracy był dobór maszyn rolniczych w oparciu o dwa kryteria: czasu agrotechnicznego oraz wykorzystania rocznego maszyny.

Material i metoda badań

Ocenę kryterialną przeprowadzono na podstawie badań symulacyjnych dwóch maszyn rolniczych: kombajnu zbożowego oraz siewnika zbożowego. W badaniach przyjęto poniższe założenia:

- struktura powierzchni pól wynosiła kolejno: 50, 100, 200 ha,
- roślina uprawna – jęczmień jary przy plonie wynoszącym $5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$,
- liczba dni dyspozycyjnych w okresie agrotechnicznym T_D na wykonanie czynności dla zbioru kombajnem zbożowym w sezonie, (w których ziarno może być zebrane bez większego ryzyka strat z tytułu opadu deszczu) $T_D = 10\text{-}12$ dni (przyjęto 10 dni),
- liczba dni dyspozycyjnych w okresie agrotechnicznym T_D dla siewnika w sezonie (z uwagi na ograniczenie ryzyka obniżki plonu, optymalnego kiełkowania nasion uwzględniono czynniki związane warunkami wilgotnościowymi gleby oraz temperatury dobowe), podczas siewu jęczmienia jarego mieści się w zakresie $T_D = 6\text{-}8$ dni (przyjęto 8 dni),
- normatyw godzin pracy maszyn w ciągu dnia roboczego wynosił $T_G = 10 \text{ h}\cdot\text{dn}^{-1}$.

Powyższe terminy dni dyspozycyjnych T_D zaczerpnięto z opracowań tabelarycznych Lorencowicza [2008] oraz Banasiaka [2004]. Przy określaniu wskaźników racjonalnego doboru maszyn rolniczych do gospodarstw wzięto pod uwagę aktualnie stosowane wartości wskaźników eksploatacyjno-ekonomicznych (potencjału eksploatacyjnego T_H oraz zalecanego okresu eksploatacji L_U) dla badanych rodzajów maszyn, opracowane przez (IBMER) [Muzalewski 2007; 2008a], CDR w Brwinowie [Normatywy Produkcji Rolniczej]. Zgodnie z literaturą przyjęto normatywne (minimalne) wykorzystanie środków mechanizacji na stosunkowo niskim – skorygowanym poziomie, w porównaniu do dotychczas zalecanego. Uzasadnieniem dla takiego podejścia jest potwierdzony, między innymi wynikami badań IBMER, brak praktycznej możliwości pełnego wykorzystania potencjału eksploatacyjnego większości rodzajów środków mechanizacji w warunkach znacznego rozdrobnienia pol-

skiego rolnictwa. W innym przypadku pomoc oferowana, np. w ramach programu PROW 2007-2013, trafi wyłącznie do gospodarstw największych, gdy pozostałe nie będą mogły zagwarantować odpowiedniego wykorzystania maszyn [Muzalewski 2008a].

- Skorygowane potencjały eksploatacyjne T_H : dla kombajnu zbożowego ($k \cdot T_H = 0,7 \cdot 3000 \text{ h} = 2100 \text{ h}$), dla siewnika zbożowego ($k \cdot T_H = 0,7 \cdot 1400 \text{ h} = 1000 \text{ h}$). Potencjałem eksploatacyjnym określa się całkowity zasób pracy (najczęściej w h lub ha), jaki ma fabrycznie nowa maszyna aż do momentu jej pełnego eksploatacyjnego zużycia.
- Według powyższego, dla badanych rodzajów maszyn przyjęto stosunkowo długie okresy ich eksploatacji: liczba lat użytkowania L_U (18-20 lat): dla kombajnu zbożowego 18 lat, dla siewnika zbożowego 20 lat.

W oparciu o metodykę IBMER [Muzalewski 2008a] oraz Banasiaka [2004] w pracy zaproponowano procedurę obliczeniową optymalnego doboru maszyn, zakładając spełnienie dwóch kryteriów eksploatacyjnych: intensywności użytkowania oraz ograniczonego czasu agrotechnicznego. Niezbędną informacją potrzebną do poprawnej oceny racjonalności wyposażenia gospodarstwa w określony rodzaj sprzętu rolniczego jest spełnienie tzw. warunku intensywności użytkowania, który opisano ogólną zależnością:

$$W_R \geq W_R^N \quad (1)$$

gdzie:

- W_R^N – normatywne wykorzystanie maszyny [$\text{h} \cdot \text{rok}^{-1}$] lub [$\text{ha} \cdot \text{rok}^{-1}$],
- W_R – rzeczywiste wykorzystanie maszyny [$\text{h} \cdot \text{rok}^{-1}$] lub [$\text{ha} \cdot \text{rok}^{-1}$],

Z przedstawionej zależności wynika, że obliczone rzeczywiste wykorzystanie maszyny nie powinno być niższe od wartości granicznej-normatywnej, stanowiącej kryterium oceny.

W warunkach niewielkich obszarowo gospodarstw, indywidualne użytkowanie maszyny na małej powierzchni często nie pozwala rolnikowi uzyskać jednostkowych kosztów eksploatacji maszyny zbliżonych do rynkowych cen usług. Głównym czynnikiem takiej sytuacji jest niskie wykorzystanie maszyn (około 2/3 normatywnego wykorzystania) [Kowalik, Grześ 2006]. Przyjmując zatem ogólne warunki struktury agrarnej polskich gospodarstw wyznaczono dopuszczalne wykorzystanie rzeczywiste, w którym założono dozwolony margines w granicach +/- 20% czyli :

$$W_R \geq 0,8 \cdot W_R^N \quad (2)$$

Wyznaczenie normatywnego oraz rzeczywistego wykorzystania opisano poniżej wzorami:

$$W_R^N \geq \frac{k \cdot T_H}{L_U} \quad (3)$$

$$W_R = \frac{L}{W_{07}} \quad (4)$$

gdzie:

- L – ilość pracy do wykonania w ciągu roku [$\text{ha} \cdot \text{rok}^{-1}$],
- W_{07} – wydajność eksploatacyjna maszyny [$\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}$],
- k – współczynnik korekcyjny (przyjęty dla PROW 2007-2013 na poziomie 0,5-0,75).

Jako drugie kryterium oceny optymalnego doboru maszyny pod względem wydajnościowym przyjęto terminowość wykonywania prac w określonych okresach agrotechnicznych. Obliczenie terminowości zabiegów agrotechnicznych (niezbędnego czasu trwania pracy T) wykonanych daną maszyną sprowadza się do wyznaczenia minimalnej potrzebnej liczby agregatów i_a w [szt], która w praktyce musi być liczbą całkowitą. Liczbę potrzebnych maszyn i_a wyliczono w oparciu o dopuszczalną liczbę dni dyspozycyjnych w okresie agrotechnicznym T_D oraz normatyw godzin pracy w ciągu dnia T_G ze wzoru 5:

$$i_a = \frac{L}{w_{07} \cdot T_G \cdot T_D} \quad (5)$$

Czas potrzebny na wykonanie czynności T powinien być zawarty w nieprzekraczalnym okresie agrotechnicznym T_D , co wyliczono z poniższej zależności:

$$T = \frac{L}{w_{07} \cdot T_G \cdot i_a} \quad (6)$$

Do określonej długości liczby dni dyspozycyjnych w okresie agrotechnicznym dobrano liczbę i wydajność eksploatacyjną stosowanych maszyn. Wydajność eksploatacyjna większości rodzajów maszyn rolniczych wynosi około 50–70% wydajności efektywnej i jest zależna m.in. od parametrów pracy maszyny (prędkości, pełnej szerokości roboczej), właściwej organizacji pracy maszyny, a także od rozmiarów pól oraz ich odległości od gospodarstwa. Minimalna wydajność eksploatacyjna maszyny powinna być na tyle wysoka, aby można było wykonać pracę w dopuszczalnym okresie agrotechnicznym. Dlatego też minimalny próg wydajności eksploatacyjnej maszyny powinien wynikać z poniższej zależności:

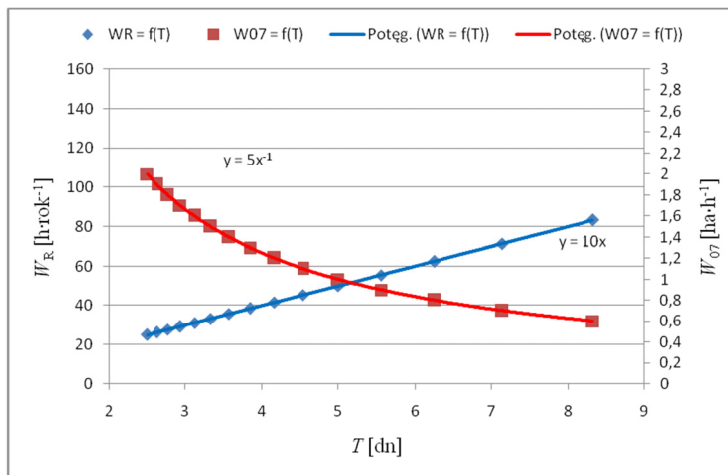
$$W_{07} \geq \frac{L}{T_G \cdot T_D} \quad (7)$$

Określone zostały wymagane progi wydajności eksploatacyjnej dla dwóch badanych maszyn w trzech przyjętych wielkościach pól. W opracowaniu przyjęto wyjściowe zakresy wydajności eksploatacyjnej W_{07} , które dla kombajnu zbożowego wynosiły [0,4 do 3 ha·h⁻¹], dla siewnika zbożowego [0,6 do 6 ha·h⁻¹] z interwałem co 0,1.

Wyniki badań i ich omówienie

Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono przykładowe wyniki przebiegów rzeczywistego wykorzystania godzinowego oraz krzywe potęgowe wydajności eksploatacyjnych siewnika zbożowego w funkcji czasu agrotechnicznego, pracującego na powierzchniach 50 i 200 ha. Z warunku intensywności użytkowania wynika, że dla siewnika zbożowego wyznaczony skorygowany normatyw wykorzystania godzinowego wynosił 50 h·rok⁻¹.

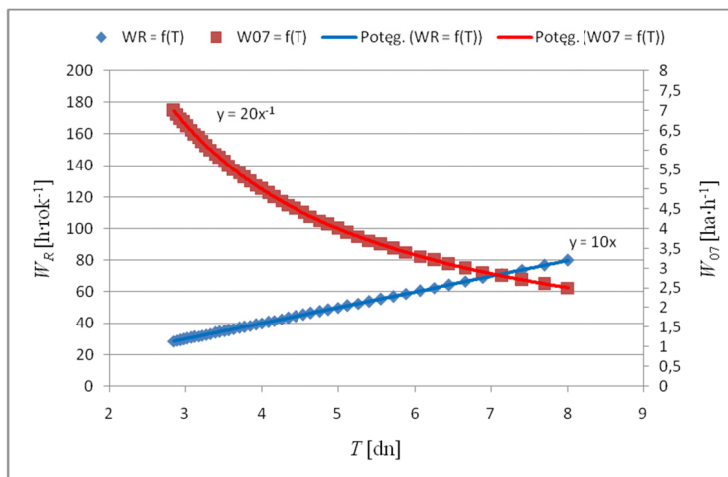
Po optymalizacji dopuszczalne wykorzystanie rzeczywiste nie powinno być niższe niż 40 h·rok⁻¹. Po uwzględnieniu wymaganego czasu dyspozycyjnego dla siewu wynoszącego 8 dni otrzymano przedziały optymalnego rzeczywistego wykorzystania godzinowego dla doboru siewnika pracującego na powierzchni 50 ha w zakresie od 41 do 83 h·rok⁻¹, co odpowiadało malejącej wydajności eksploatacyjnej od 1,2 do 0,6 ha·h⁻¹, natomiast na areale 200 ha siewnik wykorzystywany był od 40 do 80 h·rok⁻¹, co odpowiadało spadkowi wydajności eksploatacyjnej w zakresie od 5 do 2,5 ha·h⁻¹.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Przebiegi rzeczywistego wykorzystania godzinowego W_R oraz wydajności eksploatacyjnej W_{07} w funkcji czasu agrotechnicznego T dla siewnika zbożowego pracującego na powierzchni 50 ha

Fig. 1. Courses of actual hourly use W_R and operational efficiency W_{07} as a function of agrotechnical time T for a grain drill operating on the area of 50 ha

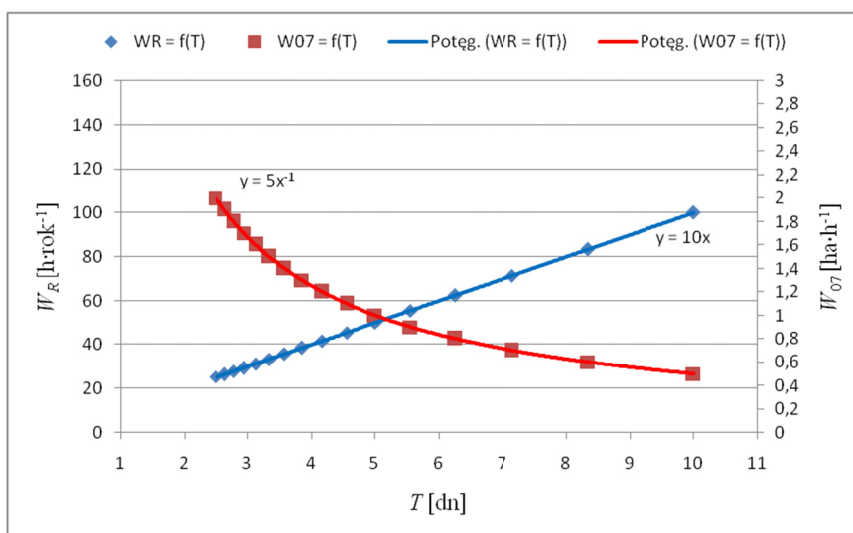


Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Przebiegi rzeczywistego wykorzystania godzinowego W_R oraz wydajności eksploatacyjnej W_{07} w funkcji czasu agrotechnicznego T dla siewnika zbożowego pracującego na powierzchni 200 ha

Fig. 2. Courses of actual hourly use W_R and operational efficiency W_{07} as a function of agrotechnical time T for a grain drill operating on the area of 200 ha

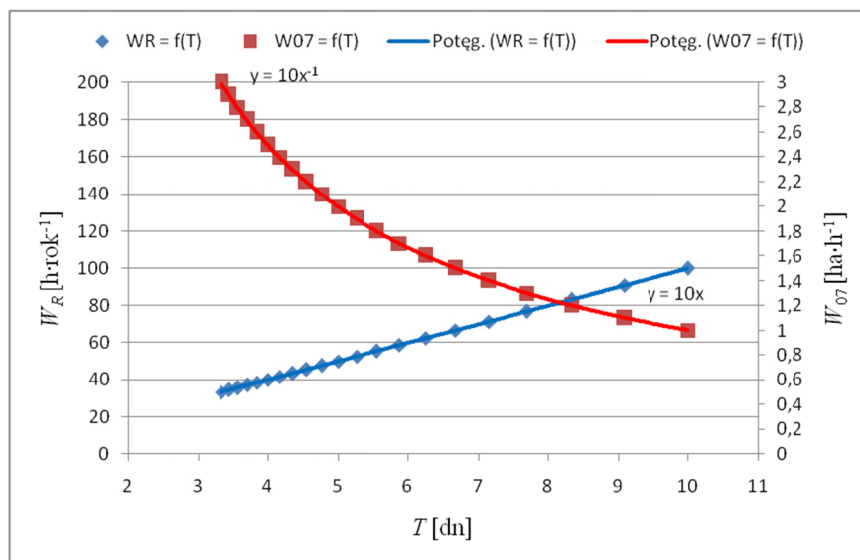
Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono przykładowe wyniki przebiegów rzeczywistego wykorzystania godzinowego oraz krzywe potęgowe wydajności eksploatacyjnych kombajnów zbożowych w funkcji czasu agrotechnicznego, pracujących na powierzchniach 50 oraz 100 ha. Z warunku intensywności użytkowania wynika, że dla kombajnu zbożowego wyznaczony skorygowany normatyw wykorzystania godzinowego wynosił $116 \text{ h}\cdot\text{rok}^{-1}$. Po optymalizacji dopuszczalne wykorzystanie rzeczywiste nie powinno być niższe niż $92 \text{ h}\cdot\text{rok}^{-1}$. Po uwzględnieniu wymaganego czasu dyspozycyjnego dla zbioru wynoszącego 10 dni otrzymano przedziały optymalnego wykorzystania godzinowego dla kombajnu pracującego na 50 ha na poziomie od 92 do $111 \text{ h}\cdot\text{rok}^{-1}$, co odpowiadało wąskiemu malejącemu zakresowi wydajności eksploatacyjnej od $0,5$ do $0,4 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$, natomiast dla areалу 100 ha kombajn wykorzystywany był podobnie, co odpowiadało spadkowi wydajności eksploatacyjnej w zakresie od $1,1$ do $0,9 \text{ ha}\cdot\text{h}^{-1}$.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Przebiegi rzeczywistego wykorzystania godzinowego W_R oraz wydajności eksploatacyjnej W_{07} w funkcji czasu agrotechnicznego T dla kombajnu zbożowego pracującego na powierzchni 50 ha

Fig. 3. Courses of actual hourly use W_R and operational efficiency W_{07} as a function of agrotechnical time T for a combine harvester operating on the area of 50 ha

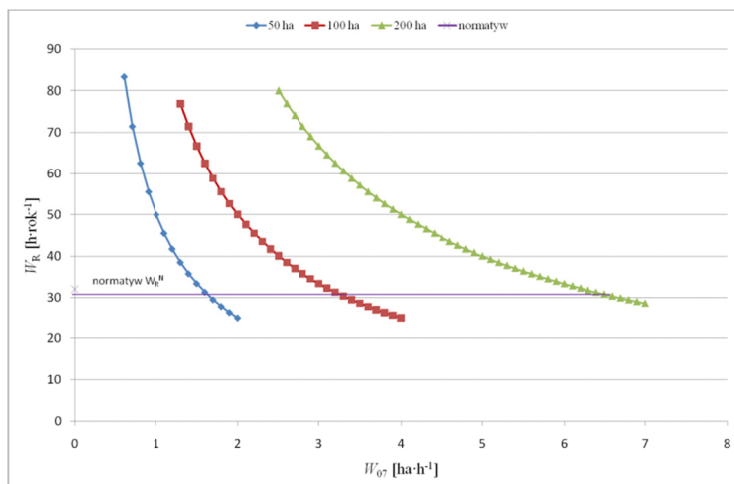


Źródło: opracowanie własne

- Rys. 4. Przebiegi rzeczywistego wykorzystania godzinowego W_R oraz wydajności eksploatacyjnej W_{07} w funkcji czasu agrotechnicznego T dla kombajnu zbożowego pracującego na powierzchni 100 ha
- Fig. 4. Courses of actual hourly use W_R and operational efficiency W_{07} as a function of agrotechnical time T for a combine harvester operating on the area of 100 ha

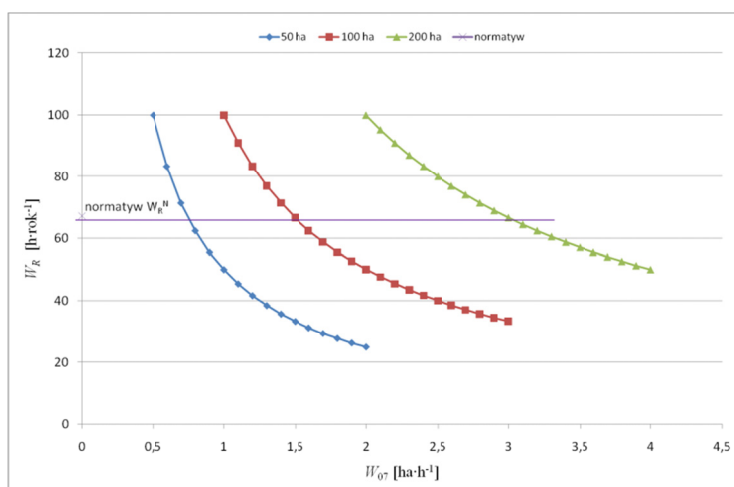
Na rysunkach 5 i 6 przeprowadzono analizę rozkładów rzeczywistego wykorzystania siewnika zbożowego w funkcji optymalnych zakresów wydajności eksploatacyjnej dla wszystkich badanych arealów. Z przedstawionych symulacji na rysunku 5 wynika, że dla doboru siewnika zbożowego pracującego kolejno na powierzchniach 50, 100 oraz 200 ha wyliczone minimalne progi wydajności eksploatacyjnej wynoszą 0,62, 1,25 oraz 2,5 $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$. Natomiast z obserwacji rozkładów intensywności użytkowania kombajnów zbożowych (rys. 6) wynika, że posiadały one minimalne progi wydajności eksploatacyjnej odpowiednio na poziomie 0,4, 0,9 oraz 1,8 $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$.

Przedstawione krzywe rozkładów intensywności użytkowania dla siewników oraz kombajnów zbożowych wskazują, że wraz ze wzrostem powierzchni pola wzrastają dopuszczalne zakresy wydajności eksploatacyjnej. Dla doboru siewników zbożowych pracujących na 50, 100 oraz 200 ha, maksymalne dopuszczalne wydajności eksploatacyjne otrzymano na poziomie 1,2, 2,5, oraz 5 $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$ dla ustalonego dopuszczalnego rzeczywistego wykorzystania godzinowego wynoszącego 40 $\text{h}\cdot\text{rok}^{-1}$. W przypadku doboru kombajnów zbożowych maksymalne wydajności eksploatacyjne otrzymano na poziomie 0,5, 1,1, oraz 2,2 $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$ przy dopuszczalnym rzeczywistym wykorzystaniu godzinowym 92 $\text{h}\cdot\text{rok}^{-1}$.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 5. Rozkłady intensywności użytkowania siewnika zbożowego w funkcji optymalnych zakresów wydajności eksploatacyjnej dla badanych arealów
 Fig. 5. Distribution of the intensity of use of a grain drill as a function of optimal scopes of operational efficiency for the researched acreage



Źródło: opracowanie własne

Rys. 6. Rozkłady intensywności użytkowania kombajnu zbożowego w funkcji optymalnych zakresów wydajności eksploatacyjnej dla badanych arealów
 Fig. 6. Distribution of the intensity of use of a combine harvester as a function of optimal scopes of operational efficiency for the researched acreage

Podsumowanie

Przedstawiona procedura obliczeniowa pozwoliła wyznaczyć optymalne zakresy wykorzystania maszyn przy spełnieniu warunku podstawowych wymagań agrotechnicznych oraz określonym progu wydajności eksploatacyjnej. Z wyliczeń warunku intensywności użytkowania otrzymano, że skorygowane normatywne wykorzystanie dla siewnika zbożowego wynosiło 50 h-rok^{-1} , natomiast dla kombajnu zbożowego kształtowało się na poziomie 116 h-rok^{-1} . Dopuszczalne rzeczywiste wykorzystanie godzinowe powinno być większe niż 40 h-rok^{-1} dla siewnika zbożowego, natomiast dla kombajnu zbożowego powinno przekraczać 92 h-rok^{-1} . Przedstawione badania symulacyjne umożliwiły rozpoznanie zakresów racjonalnego doboru siewnika oraz kombajnu zbożowego bez uwzględnienia kosztów, wynikających z ich użytkowania; w związku z tym nie wskazują bezpośrednio na konkretny model maszyny o określonej wydajności eksploatacyjnej. Oprócz rozpatrywanych dwóch kryteriów o racjonalności zakupu i użytkowania maszyny w danym gospodarstwie przesądza jeszcze bilans kosztów oraz jego wpływ na końcowy efekt produkcyjny, dlatego potrzebny jest kompromis pomiędzy wymogami agrotechnicznymi, wydajnością eksploatacyjną a kosztami eksploatacyjnymi maszyn. Powyższa procedura optymalizacyjna pozwoliła poprawnie oszacować zakresy wydajności eksploatacyjnej oraz potencjalnego wykorzystania maszyn, które spełniają jednocześnie kryteria intensywności użytkowania oraz warunki ograniczonego czasu agrotechnicznego. W sytuacji, gdy rozpatrywany będzie dobór większej ilości środków, należy jeszcze wyznaczyć progi ekonomiczne uzasadniające wybór konkretnych maszyn, które będą stanowić problem kolejnych prac.

Bibliografia

- Banasiak J.** (2004): Projektowanie i ocena ekonomiczna procesów agrotechnologicznych. Wyd. AR, Wrocław, ISBN 83-89189-43-7.
- Banasiak J.** (2008a): Koncepcja optymalizacji doboru maszyn w rolnictwie. *Inżynieria Rolnicza*, 4(102), 47-52.
- Banasiak J.** (2008b): Wydajnościowa analiza w procesach eksploatacji maszyn rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 4(102), 63-68.
- Dobek T., Piernicka K.** (2005): Ocena ekonomiczna produkcji buraka cukrowego sianego w mulcz. *Inżynieria Rolnicza*, 6(66), 123-130.
- Kowalik I., Grześ Z.** (2006): Wpływ wykorzystania maszyn rolniczych na koszty mechanizacji w gospodarstwach rolniczych o różnej powierzchni. *Inżynieria Rolnicza*, 13(88), 201-208.
- Lorencowicz E.** (2008): Poradnik użytkownika techniki rolniczej w tabelach. APRA, Bydgoszcz, ISBN 83-914532-7-8.
- Muzalewski A.** (2006): Koszty eksploatacji maszyn rolniczych. Wydawnictwo IBMER, Warszawa, 21.
- Muzalewski A.** (2007): Ekspertyza (wyciąg dostosowany przez ARiMR dla potrzeb realizacji działania "Modernizacja gospodarstw rolnych" w ramach PROW 2007-2013) (on-line), [dostęp 28-02-2012], Dostępny w Internecie: http://www.arimr.gov.pl/fileadmin/pliki/zdjecia_strony/185/Eks_r_z_m_300309.pdf
- Muzalewski A.** (2008a): Zasady doboru maszyn rolniczych. Wydawnictwo IBMER, Warszawa, ISBN 978-83-89806-21-5.
- Muzalewski A.** (2008b): Opłacalność użytkowania maszyn nabytych z dotacją. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 3, 27-33.

- Pałucha M.** (2005): Struktura gospodarstw rolnych w Polsce (on-line), [dostęp 28-02-2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.docstoc.com/docs/22699147/Struktura-gospodarstw-rolnych-w-Polsce>
- Pawlak J.** (2010): Rola mechanizacji w rozwoju rolnictwa. Roczn. Nauk Rol., Seria G, t. 97, z. 2, 165-175.
- Pawlak J.** (2011): Sposoby i możliwości poprawy efektywności nakładów na mechanizację rolnictwa. Inżynieria w Rolnictwie. Monografia nr 1, Wydawnictwo ITP, Falenty.
- Pruska P.** (red.). (2006): Poradnik PROW – Przepisy ochrony środowiska, normatywy i wskaźniki funkcjonujące w produkcji rolniczej. CDR, Brwinów, ISBN 83-88082-81-7.
- Šařec O., Šařec P., Dobek T.** (2005): Techniczne i technologiczne parametry produkcji rzepaku ozimego. Inżynieria Rolnicza, 4(64), 227-234.
- Stadnicki J.** (2006): Teoria i praktyka rozwiązywania zadań optymalizacyjnych z przykładami zastosowań technicznych. Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa. Maszynopis.
- Normatywy Produkcji Rolniczej (on-line), Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Poznaniu. [dostęp 18-06-2012], Dostępny w Internecie: <http://80.48.251.53/~normatywy/Spis>

CRITERIA EVALUATION OF OPTIMAL SELECTION OF AGRICULTURAL MACHINES

Abstract. A concept of the procedure of optimal selection of agricultural machines based on intensity criteria of using machines and limitation of agrotechnical time was presented in the study. Simulation calculations for evaluation of rational selection of a combine harvester and a grain drill based on the accepted assumptions concerning the structure of the field surface, of the cultivated plant, crop, number of disposable days in an agrotechnical period, exploitation and economic indexes of machines and the established standard of working hours during a day were carried out. The presented calculation procedure allowed determining optimal scopes of using machines at meeting basic agrotechnical requirements and at the determined threshold of operational efficiency. From the calculations of the condition of intensity of use it was obtained that levelled normative use for a grain drill was 50 h·year⁻¹, whereas for a combine harvester it was on the level of 116 h·year⁻¹. It was proved that acceptable real hour use should be higher than 40 h·year⁻¹ for a grain drill whereas for a combine harvester it should exceed 92 h·year⁻¹.

Key words: machine selection, optimisation, annual use, agrotechnical time

Adres do korespondencji:

Piotr Komarnicki; e-mail: piotr.komarnicki@up.wroc.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chełmońskiego 37/41
51-630 Wrocław