

Mirosław Zagórda, Maria Walczykova  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych

## PORÓWNANIE POWIERZCHNI OPŁACALNOŚCI DLA PRZESTRZENNIE ZMIENNEJ APLIKACJI NAWOZÓW MINERALNYCH

### Streszczenie

Wyznaczono powierzchnię uprawy, dla której zastosowanie kilku zaproponowanych zestawów sprzętu wraz z oprogramowaniem do rolnictwa precyzyjnego byłoby już opłacalne. Obliczenia wykonano na podstawie rocznych kosztów utrzymania takiego wyposażenia w przeliczeniu na hektar, dla powierzchni w zakresie 50–1000 ha, oraz na podstawie oszczędności, uzyskanych wskutek wykonania przestrzennie zmiennego nawożenia. Wyznaczone powierzchnie opłacalności, w zależności od zestawu, metody liczenia oraz uzyskanych oszczędności, wynoszą 160–575 ha. Stabilizacja kosztów stałych w przeliczeniu na hektar wystąpiła w większości przypadków w przedziale 450–600 ha.

**Słowa kluczowe:** rolnictwo precyzyjne, koszty, opłacalność

### Wstęp

Decyzje o przejściu na system rolnictwa precyzyjnego powinny być wsparte rachunkiem ekonomicznym. Wprowadzenie technologii rolnictwa precyzyjnego (RP) wiąże się bowiem z koniecznością wydatkowania znacznych środków. W związku z tym rolnicy zadają sobie pytanie, czy to się opłaca i w warunkach jakiej powierzchni. Wielkość areалу, w warunkach którego wprowadzenie rolnictwa precyzyjnego jest ekonomicznie uzasadnione, zależy od wielu czynników, takich jak: stosowane technologie, uprawiane gatunki roślin oraz ceny płodów rolnych i środków produkcji [Gozdowski i in. 2007]. Godwin i in. [2003] – analizując od jakiej powierzchni stosowanie technologii rolnictwa precyzyjnego przyniesie dochody – podają 250 ha dla kompleksowego wyposażenia w niezbędny sprzęt, dodatkowo zakładając zwiększenie plonu o  $0,25\text{--}1,6\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Są to jednak warunki odbiegające od istniejących w Polsce.

---

Praca finansowana ze środków na naukę w latach 2006–2008 jako projekt badawczy promotorski nr N310 078 31/3176.

Celem badań było wyznaczenie powierzchni opłacalności dla kilku zestawów, składających się ze sprzętu i oprogramowania, z uwzględnieniem oszczędności, uzyskanych w efekcie nawożenia precyzyjnego pszenicy, rzepaku i kukurydzy [Zagórda, Walczykova 2010].

### **Materiał i metody badań**

Sprzęt, oprogramowanie i usługi, będące przedmiotem analizy, przedstawiono w tabeli 1. Ceny oraz przelicznik waluty euro odnoszą się do okresu wykonywania badań. Obliczenia wykonano dla 5 wariantów, które były związane ze stosowanymi zestawami sprzętu.

Zestaw I bazuje na urządzeniach firmy LH AGRO (poz. 4, 5 w tab. 1) i składa się z rozsiewacza (poz. 9) oraz wyposażenia, umożliwiającego zmienne nawożenie (poz. 3, 6, 7, 8). Koszt takiego zestawu wynosi ogółem ok. 38 550 PLN. W tej wersji założono, że wszystkie mapy aplikacyjne będą wykonywane usługowo. Najważniejszym elementem pierwszego zestawu jest uniwersalny komputer pokładowy LH 5000 GPS z modułem Data Link, który służył do odczytu map aplikacji wraz z wyznaczaniem pozycji za pomocą podłączonego do niego odbiornika D-GPS. W obliczeniach nakładów nie ujęto kosztów, związanych z analizą gleby w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej i wykonaniem map zasobności, ponieważ z takich usług korzystano również w przypadku nawożenia tradycyjnego. W tym zestawie przyjęto, że mapy aplikacyjne podstawowego nawożenia azotem, fosforem i potasem będą wykonywane usługowo. W nawożeniu pogłównym azotem założono dwukrotne wykonanie usługi skanowania wskaźnika *NDVI*, łącznie z wykonaniem map do aplikacji azotu, zaś realizację zabiegu we własnym zakresie. Sporządzane usługowo mapy są kompatybilne z podanym urządzeniem i nie wymagają zmiany formatu.

Zestaw II różni się od I zastosowaniem modułowego odbiornika 3R-GPS jako komputera sterującego zmienną aplikacją nawozu, wyposażonego w odpowiednie oprogramowanie (poz. 2, 3, 13 w tab. 1) zamiast modułu Data Link. Koszt zestawu ogółem wynosi 36 370 PLN. Modułowy odbiornik 3R-GPS może być stosowany również do pomiaru powierzchni pola, nawigacji do wybranych punktów oraz do podłączenia nawigacji równoległej agregatu ciągnikowego.

Zestaw III bazuje na systemie monitoringu plonu firmy Agrocom Polska (poz. 1 w tab. 1), którego integralną częścią jest program komputerowy AgroMap PF (Precision Forming) (poz. 11). Wykonane mapy zasobności, których koszt tutaj pominięto z tych samych powodów, co w obliczeniach dotyczących zestawu I, są we wspomnianym programie opracowane do postaci map aplikacyjnych we własnym zakresie. Sterowanie rozsiewaczem (poz. 9) odbywa się za pomocą tego samego terminalu, co rejestracja plonów (poz. 1), podłączonego do komputera pokładowego LH 5000 GPS (poz. 5). Mapy zapotrze-

*Porównanie powierzchni opłacalności...*

*Tabela 1. Ceny urządzeń, oprogramowania i usług dla technologii rolnictwa precyzyjnego*  
*Table 1. Prices of the equipment, software and services for technologies in precision agriculture*

Lp. No.	Wyszczególnienie Specification	Koszt Cost [PLN]
<b>Sprzęt Equipment</b>		
1	System monitoringu firmy Agrocom Polska (CEBIS + odbiornik DGPS) <sup>1)</sup> Monitoring system Agrocom Poland (CEBIS + DGPS receiver)	46972,0
2	Modułowy odbiornik 3R-GPS Modular Receiver 3R-GPS	4343,4
3	Odbiornik D-GPS NovAtel SA/AllStar DGSP receiver NovAtel SA/AllStar	5257,5
4	Data Link <sup>1)</sup>	10313,8
5	LH 5000 GPS <sup>1)</sup>	12487,0
6	Radar dla LH <sup>1)</sup> Radar for LH <sup>1)</sup>	3783,7
7	Czujnik prędkości obrotowej koła <sup>1)</sup> Sensor of wheel rotary speed <sup>1)</sup>	578,3
8	Czujnik prędkości obrotowej WOM <sup>1)</sup> Sensor of p.t.o. rotary speed <sup>1)</sup>	127,0
9	Rozsiewacz Rauch Alpha 1131 – dopłata za przystosowanie do przestrzennie zmiennej aplikacji Rauch Alpha 1131 spreader – cost of adaptation to spatially variable application	6000,0
10	Chlorofilometr SPAD 502 DL (kurs 1 USD = 2,85 PLN) Chlorophyllmeter SPAD 502 DL (rate 1 USD = 2.85 PLN)	7410,0
<b>Oprogramowanie Software</b>		
11	AgroMap PF <sup>1)</sup> AgroMap PF <sup>1)</sup>	10000,0
12	Site Mate VRA firmy Farm Works Site Mate VRA (by Farm Works)	3793,1
13	Guide Mate (rozszerzenie dla Site Mate) Guide Mate (expanding for Site Mate)	1264,4
<b>Usługi Services</b>		
14	Wykonanie mapy zasobności, plonu lub aplikacyjnej [PLN·ha <sup>-1</sup> ] Elaborating map of abundance, yielding or application [PLN·ha <sup>-1</sup> ]	1,5
15	Przygotowanie nawożenia azotem na podstawie GreenSeeker RT 100 Preparation of nitrogen fertilization according to GreenSeeker RT 100	21,5

<sup>1)</sup>Ceny przeliczone wg kursu 1 EUR = 4,15 PLN. <sup>1)</sup>Prices accounted at the rate 1 EUR = 4.15 PLN.

*Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Agrocom Polska, GPS-PL, TeeJet Technologies [Euro Comprehensive Price List 2008], Spectrum Technologies Inc. oraz Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej.*

*Source: own elaboration based on the data of Agrocom Poland, GPS-PL, TeeJet Technologies [Euro Comprehensive Price List 2008], Spectrum Technologies Inc. and District Station of Agricultural Chemistry.*

bowania na azot stosowany pogłównie są wykonywane usługowo. Następnie w programie AgroMap PF są one we własnym zakresie przekształcane w mapy aplikacyjne. Koszt tego zestawu wynosi ogółem 79 948 PLN.

Zestaw IV jest poszerzony w stosunku do powyższego (III) o dodatkowe urządzenie – modułowy odbiornik 3R-GPS (poz. 2 w tab. 1). Mapę planowanego pobierania próbek gleby, wykonaną w programie AgroMap PF, wykorzystuje się do nawigacji za pomocą odbiornika 3R-GPS do miejsc pobierania tych próbek. Po otrzymaniu wyników analizy chemicznej we własnym zakresie wykonuje się mapy zasobności oraz mapy aplikacyjne. Koszt tego zestawu wynosi ogółem 84 292 PLN.

Zestaw V jest rozbudowany w stosunku do IV o dodatkowy odbiornik GPS (poz. 3 w tab. 1), umożliwiający uniezależnienie rozsiewu nawozów od rejestracji zbiorów za pomocą systemu monitoringu, oraz chlorofilometr do określania dawki azotu stosowanego pogłównie. Tak więc zbiór plonów i rozsiew nawozów mogą być wykonywane jednocześnie, co jest korzystne w przypadku dużych gospodarstw. Program komputerowy Site Mate VRA (poz. 12) jest instalowany w odbiorniku 3R-GPS (poz. 2) i może być stosowany zarówno do pobierania próbek, jak też do sterowania rozsiewaczem według map aplikacji. Dodatkowo oprogramowanie Guide Mate (poz. 13) umożliwia nawigację równoległą rozsiewacza po polu. W tym zestawie przewidziane jest wykonywanie wszystkich map we własnym zakresie. Koszt zakupu tego zestawu jest największy i wynosi 102 020 PLN.

Obliczono roczne koszty utrzymania tak dobranych zestawów, uwzględniając różnicę między ceną maszyn w wersji standardowej i przystosowanej do rolnictwa precyzyjnego. Założono też, że rolnik posiada własny komputer typu desktop lub laptop. Kalkulacji rocznych kosztów utrzymania (tzw. stałych) dokonano według ogólnie obowiązujących zasad [Goć i in. 1992; Rataj 2005].

Obliczono koszty amortyzacji  $K_a$  [PLN·rok<sup>-1</sup>] zgodnie z równaniem:

$$K_a = \frac{C_m}{T_a} \quad (1)$$

gdzie:

$C_m$  – ceny urządzeń wg tabeli 1. [PLN];

$T_a$  – czas amortyzacji maszyn [lata].

W obliczeniu kosztów amortyzacji specjalistycznego sprzętu do rolnictwa precyzyjnego przyjęto okres użytkowania maszyny, na której jest on zamontowany. Według Ammanna [2007], czas amortyzacji  $T_a$  kombajnu o szerokości roboczej 5,2–6,0 m to 12 lat (lub 3200 ha), rozsiewacza – 12 lat (lub 1800 ha), ciągnika także 12 lat (lub 10 000 h).

Koszty związane z przechowywaniem urządzeń zostały w tym opracowaniu pominięte, ponieważ po zamontowaniu stanowią one jedną całość z maszyną. Ponadto ich montaż nie powoduje zmiany gabarytu tej maszyny. Pominięto również koszt ubezpieczenia, jako zależny od decyzji właściciela.

Do obliczeń kosztów napraw sprzętu  $K_n$  [PLN·rok<sup>-1</sup>] przyjęto współczynnik napraw  $k_n$  równy 2%·rok<sup>-1</sup> dla chlorofilometru (poz. 10 w tab. 1) i 3,5%·rok<sup>-1</sup> dla pozostałego sprzętu:

$$K_n = \frac{k_n C_m}{100} \quad (2)$$

W przypadku oprogramowania współczynnik napraw został pominięty. Wprowadzenie nowoczesnego sprzętu i oprogramowania do gospodarstwa wymaga przeszkolenia. Takie szkolenia są organizowane przez dystrybutorów sprzętu i mogą być bezpłatne. W związku z tym koszty szkoleń w przeprowadzanych obliczeniach zostały pominięte. W obliczeniach uwzględniono również koszt oprocentowania kapitału  $K_{op}$  [PLN·rok<sup>-1</sup>] z założeniem rocznego oprocentowania  $k_{op}$  na poziomie 8%:

$$K_{op} = \frac{0,5 k_{op} C_m}{100} \quad (3)$$

Na podstawie powyższej metodyki przygotowano dwa warianty obliczeń kosztów – dla 5- i 12-letniego okresu użytkowania urządzeń.

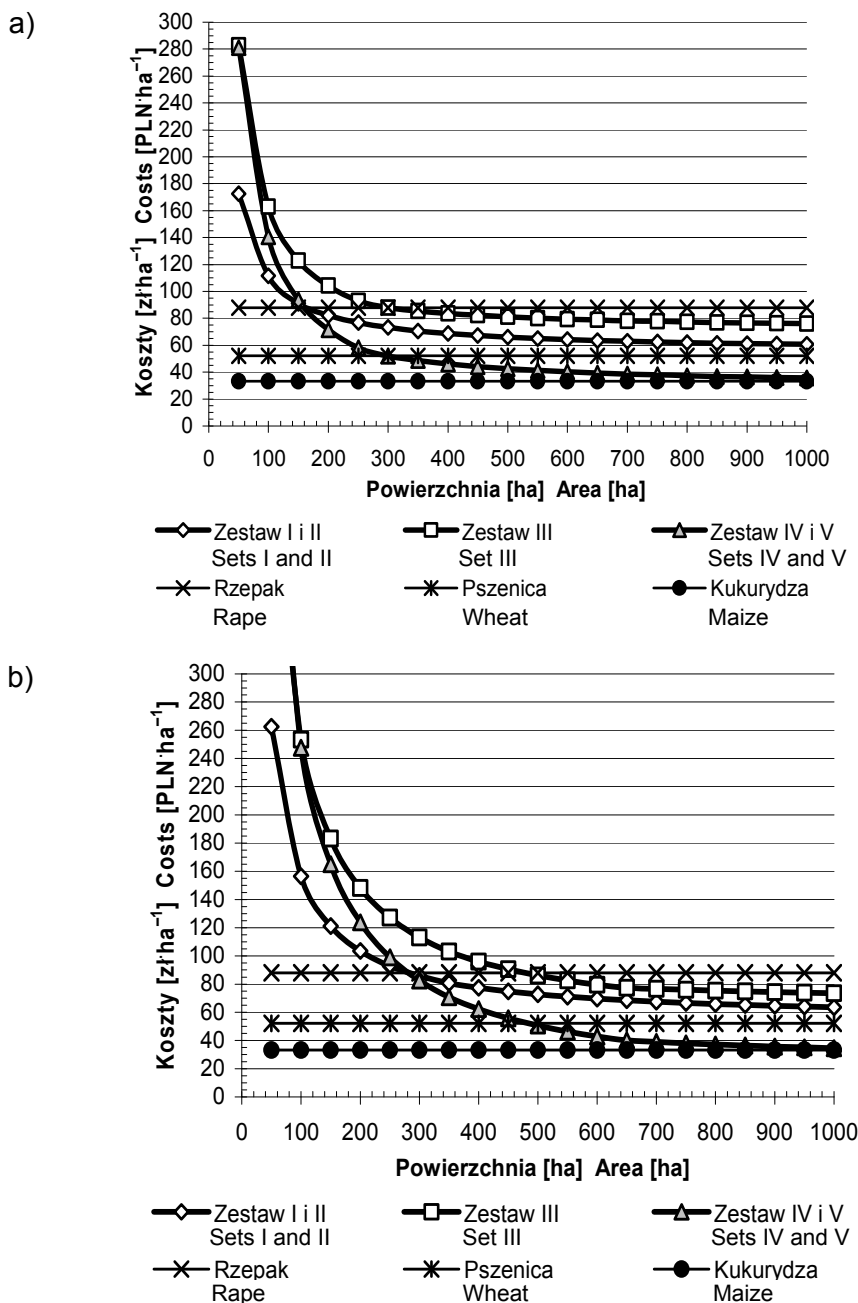
Tak wyznaczone roczne koszty utrzymania przeliczono na hektar powierzchni, zakładając pracę danego zestawu w ciągu roku na powierzchni 50–1000 ha. Do kosztów utrzymania doliczono koszt usług przypadający na hektar, jeśli zostały one przewidziane w użytkowaniu danego zestawu. Na tej podstawie sporządzono wykres zależności jednostkowych kosztów utrzymania danego zestawu ogółem (oś rzędnych) [PLN·ha<sup>-1</sup>] od powierzchni (oś odciętych) [ha].

Wyznaczenie powierzchni, w warunkach której równoważą się koszty utrzymania danego zestawu i oszczędności, wynikające ze zmiennego nawożenia azotem, fosforem i potasem, nastąpiło w miejscu przecięcia się ww. krzywej z liniami równoległymi do osi x, odcinającymi na osi y wysokości tych oszczędności PLN·ha<sup>-1</sup>, uzyskanych w badaniach autorów w uprawie rzepaku, pszenicy i kukurydzy. Należy zaznaczyć, że koszty amortyzacji oraz napraw były liczone odpowiednio do założonego wykorzystania rocznego, a więc wraz ze zwiększeniem powierzchni skracał się odpowiednio okres użytkowania w latach i rosły koszty amortyzacji.

### Wyniki badań

Obliczenia kosztów eksploatacji dla zestawów I i II oraz IV i V były zbliżone, w związku z czym przedstawiono ich wyniki za pomocą jednej krzywej (rys. 1). Wraz ze zwiększeniem powierzchni jednostkowe koszty utrzymania zestawów maleją i za punkt ich stabilizacji przyjęto powierzchnie, powyżej których spadek ten był mniejszy od 10%. Dla zestawów I i II (rys. 1a) stabilizują się, gdy powierzchnia wynosi ok. 450 ha, czyli na poziomie ok. 60–67 PLN·ha<sup>-1</sup>, co przedstawia minimalną oszczędność, w warunkach której nastąpiłoby przecięcie z krzywą kosztów. W przypadku kosztów obliczanych dla pięciu lat amortyzacji (rys. 1b) jest to powierzchnia ok. 600 ha.

W przypadku III zestawu stabilizacja kosztów na poziomie ok. 75–80 PLN·ha<sup>-1</sup> następowała od 400 ha, gdy zakładano 12-letnią amortyzację (rys. 1a), natomiast gdy zakładano amortyzację w okresie 5 lat – od 600 ha (rys. 1b).



Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Rys. 1. Wyznaczenie powierzchni opłacalności dla przyjętych zestawów do nawożenia precyzyjnego: a) 12 lat amortyzacji, b) 5 lat amortyzacji i 75% ceny zestawu; zestawy I–V szczegółowo opisane na s. 2–4

Fig. 1. Determination of the profitability areas for selected precise fertilization sets: a) 12 year depreciation, b) 5 year depreciation and 75% set price; the sets I–V described in details in text (p.p. 2, 3, 4)

Dla zestawów IV i V minimalna oszczędność, w warunkach której zestaw byłby opłacalny, to ok. 36 PLN·ha<sup>-1</sup> dla powierzchni ok. 600 ha z założeniem 12-letniej amortyzacji i 750 ha dla kosztów liczonych dla 5 lat użytkowania.

W zależności od przyjętego sposobu obliczania kosztów eksploatacji oraz rodzaju zestawu, umożliwiającego zastosowanie zmiennej aplikacji nawozów, dla maksymalnych oszczędności wyznaczonych w badaniach polowych [Zagórda, Walczykova 2010] uzyskano różne powierzchnie opłacalności (tab. 2), wynoszące 160–575 ha.

Tabela 2. Powierzchnie opłacalne dla maksymalnych oszczędności uzyskanych w badaniach

Table 2. Areas profitable for maximal savings obtained in the studies

Zestaw Set	Oszczędności maksymalne Maximal savings [PLN·ha <sup>-1</sup> ]	Roślina Crop	Powierzchnia opłacalna [ha] z założeniem Profitable area [ha] assuming	
			12 lat amortyzacji 12 years of depreciation	5 lat amortyzacji i 75% ceny 5 years of depreciation and 75% price
I, II	88,00	rzepak rape	165	280
III	88,00	rzepak rape	300	475
IV, V	88,00	rzepak rape	160	280
	52,24	pszenica wheat	290	575

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

## Wnioski

1. W przypadku wszystkich przedstawionych wariantów wyposażenia gospodarstwa w sprzęt do realizacji precyzyjnego nawożenia mineralnego stabilizacja kosztów jednostkowych jego utrzymania wystąpiła, gdy powierzchnia wynosi 450–600 ha. Powierzchnia ta wyznaczała zarazem minimalne oszczędności, w warunkach których zmienne nawożenie równoważyłoby koszty związane z eksploatacją urządzeń.
2. Dla oszczędności maksymalnych wynikających z przestrzennie zmiennej aplikacji nawozów mineralnych, wyznaczonych w badaniach własnych, uzyskano powierzchnie opłacalności od 160 do 575 ha, w zależności od sposobu obliczania rocznych kosztów eksploatacji, rodzaju uprawy oraz zestawu do wykonania zabiegu.

## Bibliografia

Ammann H. 2007. Maschinenkosten 2008. Kostenansätze Gebäudeteile und mechanische Einrichtungen. ART-Berichte. Nr 688, s. 1–44

Goć E. i in. 1992. Wskaźniki eksploatacyjno-ekonomiczne maszyn stosowanych w gospodarstwach indywidualnych. IBMER. Warszawa, ss. 17

Godwin R.J. i in. 2003. An economic analysis of the potential for precision farming in UK cereal production. *Biosystems Engineering*. Vol. 84(4), s. 533–545

Gozdowski D. i in. 2007. *Rolnictwo precyzyjne*. Wydawnictwo SGGW. Warszawa, ss. 136

Rataj V. 2005. *Projektovanie výrobných systémov. Výpočty a analýzy*. Nitra. SPU. 120, ss. 120

Zagórda M., Walczykova M. 2010. Koszty nawożenia mineralnego w przestrzennie zmiennej aplikacji. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 2(68), s. 73–82

## **COMPARISON OF THE PROFITABILITY AREAS FOR SPATIALLY DIVERSIFIED APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS**

### **Summary**

The areas of wheat, rape and maize cropping were determined, for which the application of several sets of equipment together with the software for precision agriculture would be profitable. Calculations were based on annual costs of using such equipment per 1 ha, for the areas ranging from 50 to 1000 ha; the savings in costs obtained owing to application of spatially diversified fertilization were considered as well. Determined areas of profitability, depending on the equipment set, computation method and savings obtained, amount to 160–575 ha. Stabilization of the fixed costs accounted per 1 ha, occurred in most cases within the range of 450–600 ha.

**Key words:** precision agriculture, fertilization, costs, profitability

Praca wpłynęła do Redakcji 24.02.2010 r.

*Recenzenci: prof. dr hab. Edmund Kamiński  
prof. dr hab. Stanisław Krasowicz*

Adres do korespondencji:

dr Mirosław Zagórda  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych  
ul. Balicka 116B, 30-149 Kraków  
e-mail: mirosławzagorda@poczta.fm