

**ZASADY DOBORU MASZYN I URZĄDZEŃ DO PRODUKCJI ROLNEJ W
GOSPODARSTWIE ROLNYM NA POTRZEBY INTERWENCJI PLANU
STRATEGICZNEGO DLA WSPÓLNEJ POLITYKI ROLNEJ 2023-2027 ORAZ
KOLEJNYCH OKRESÓW PROGRAMOWANIA”**

Autor rozdziałów 1-6 oraz 10-11: dr inż. Marek Kierończyk
Autorzy rozdziału 7: dr inż. Kinga Borek, dr inż. Anita Konieczna, dr inż. Kamila Mazur,
dr inż. Marek Kierończyk
Autorzy rozdziału 8: dr inż. Marek Kierończyk, dr inż. Marek Hryniewicz, dr inż. Kinga Borek

Autorzy rozdziału 9: dr inż. Kamila Mazur, mgr inż. Anna Rygało-Galewska,
mgr inż. Bogdan Łochowski

na podstawie ekspertyzy Pana Aleksandra Muzalewskiego

SPIS TREŚCI

Wprowadzenie	5
1. Zasady racjonalnej mechanizacji gospodarstw rolnych	7
1.1. Racjonalna mechanizacja gospodarstw rolnych.....	7
1.2. Czynniki doboru maszyn	8
1.3. Czynniki wpływające na wydajność prac maszynowych	9
1.4. Podział maszyn ze względu na zastosowanie w gospodarstwie	11
2. Metoda oceny racjonalności wyposażania gospodarstw w środki mechanizacji	13
2.1. Założenia oceny	13
2.2. Algorytm oceny	14
2.3. Procedura oceny	16
3. Dobór maszyn a terminowość zabiegów agrotechnicznych.....	18
3.1. Terminowość zabiegów agrotechnicznych	18
3.2. Kryterium agrotechniczne.....	19
3.3. Zasady doboru kombajnów zbożowych – kryterium agrotechniczne	19
4. Metody i wskaźniki oceny doboru wybranych środków transportowych	28
4.1. Ciągniki rolnicze	28
5. Kryteria oceny doboru ciągników rolniczych.....	31
5.1. Wskaźniki doboru ciągników rolniczych	31
5.2. Ciągniki sadownicze	35
5.3. Ciągniki na terenach górzystych.....	36
6. Przyczepy rolnicze	38
6.1. Użytkowanie przyczep w gospodarstwach rolnych.....	38
6.2. Zasady doboru przyczep rolniczych.....	39
6.3. Kryteria oceny doboru przyczep rolniczych	41
7. Wskaźniki oceny doboru i wykorzystania wybranych maszyn, narzędzi i urządzeń rolniczych	43
7.1. Maszyny, narzędzia i urządzenia stosowane w uprawach polowych.....	43
7.2. Pługi.....	45
7.3. Brony talerzowe	46
7.4. Agregaty podorywkowe.....	46
7.5. Aktywne maszyny uprawowe.....	47
7.6. Agregaty do uprawy przedsiewnej	49
7.7. Rozsiewacze nawozów mineralnych.....	50
7.8. Rozrzutniki obornika	51
7.9. Wozy asenizacyjne.....	54
7.10. Aplikatory gnojowicy	57
7.11. Siewniki zbożowe	61
7.12. Agregaty uprawowo-siewne	62
7.13. Siewniki punktowe	66
7.14. Opryskiwacze polowe	66
7.15. Prasy zbierające.....	67

7.16. Platformy do bel siana i słomy	68
7.17. Przyczepy zbierające (zbieracze) do siana i słomy	71
7.18. Zasady doboru opryskiwaczy sadowniczych.....	72
7.19. Bierne narzędzia i maszyny do głębokiej uprawy bezorkowej	74
7.20. Maszyny do uprawy płytkiej	76
7.21. Ładowacze i ładowarki rolnicze	77
7.21.1 Ładowacze ciągnikowe.....	77
7.21.2. Ładowarki samobieżne	79
7.22. Przyczepy zbierające silosowe	83
7.23. Suszarnie ziarna	83
7.24. Sieczkarnie polowe.....	86
7.25. Maszyny do zbioru ziemniaków	87
7.26. Maszyny do zbioru buraków cukrowych.....	87
7.27. Podnośniki widłowe	88
8. Maszyny specjalistyczne	91
8.1. Maszyny do zbioru kamieni.....	91
8.2. Maszyny stosowane w warzywnictwie. Sadzarki i inne maszyny do sadzenia oraz zbioru buraków, ziemniaków i maszyny do zbioru warzyw	92
8.3. Siewniki do poplonu i traw	95
8.4. Sprzęt do nawadniania	95
8.5. Pielniki, chwastowniki.....	96
8.6. Sprzęt do specjalistycznej pielęgnacji zadrzewień.....	97
8.7. Zapraviarki do nasion i bulw	97
8.8. Kosiarki do traw, ścinacze zielonek, sieczkarnie.....	98
8.9. Maszyny do obróbki skoszonej biomasy z tuz (przetrzęsacze, zgrabiarki).....	101
Minimalne wykorzystanie w roku	101
9. Maszyny i urządzenia do stosowane w produkcji zwierzęcej	103
9.1. Maszyny i urządzenia do przygotowania pasz dla zwierząt (wybieranie i transport)	103
9.1.1. Przygotowanie pasz objętościowych	103
9.1.2. Maszyny i urządzenia do pasz treściwych.....	108
9.2. Maszyny i urządzenia do pojenia i karmienia zwierząt.....	110
9.2.1. Maszyny i urządzenia do zadawania pasz objętościowych	111
9.2.2. Urządzenia do zadawania pasz treściwych.	114
9.2.3. Urządzenia do pojenia zwierząt.....	117
9.3. Maszyny i urządzenia do pozyskiwania i przechowywania mleka.....	119
9.4. Urządzenia do pielęgnacji zwierząt	124
9.5. Urządzenia do usuwania odchodów.....	125
9.6. Kształtowanie mikroklimatu w budynkach inwentarskich.....	127
10.Zakończenie	133
11.Literatura	135
ZAŁĄCZNIKI	137
Załącznik 1 - Wyposażenie rolnictwa w ciągniki	138
Załącznik 2 - Zwięzłość gleby.....	139

Załącznik 3 - Nakłady pracy ciągników w technologiach produkcji roślinnej	140
Załącznik 4 - Tolerancja oceny doboru maszyn do gospodarstw rolnych.....	141
Załącznik 5 - Tolerancja oceny doboru kombajnów zbożowych.....	143
Załącznik 6 - Rozwiązania cyfrowe dla rolnictwa.....	147

WPROWADZENIE

Według Powszechnego Spisu Rolnego [2020] wynika, że na przestrzeni ostatnich 10 lat (2010-2020) zmniejszyła się ilość gospodarstw z 1509,1 tys. do 1317,4 tys. W strukturze nieznacznie zwiększyła się ilość gospodarstw poniżej 1ha (1,6%). Z kolei liczba gospodarstw do 10 ha zmniejszyła się o 16,5%, natomiast pomiędzy 10 a 50 ha o 5,7%. Największy wzrost liczby gospodarstw zanotowano w tych większych i dużych (powyżej 50 ha) i kształtował się na poziomie 50,7%. Powyższe dane sugerują zmianę trendu do prowadzenia bardzo małych gospodarstw, jak i bardziej specjalistycznych, gdzie następuje to poprzez zwiększenie powierzchni gospodarstw.

Wyposażenie gospodarstw w sprzęt rolniczy, w tym liczba, rodzaje, wartość i wydajności maszyn oraz liczba i moc stosowanych w gospodarstwie ciągników są zróżnicowane pomiędzy poszczególnymi gospodarstwami. Elementem wyróżniającym każde gospodarstwo w zakresie wyposażenia w odpowiedni park maszynowy jest wielkość gospodarstwa. W zakresie powierzchni gospodarstwa istotnym wyróżnikiem jest profil i poziom intensyfikacji produkcji.

Gospodarstwa towarowe posiadają znaczną pozycję rynkową, charakteryzują się dobrymi warunkami sprzętowymi, tzn. posiadają odpowiednią ilość ciągników, jak i zestawów uprawowych oraz maszyn do obsługi zwierząt hodowlanych. Gospodarstwa te, posiadając właściwy potencjał wyposażenia technicznego, zdecydowanie przy współfinansowaniu ze strony podmiotów działających na rzecz rolnictwa na bieżąco podnoszą poziom zaawansowania w swoim parku maszyn takich jak w ciągniki i zestawy uprawowe, które obecnie posiada odpowiednie oprogramowanie (nawigacja dla ciągników z celowaniem do konkretnego zestawu prac, dysponując odpowiednim, aktualizowanym zazwyczaj w ramach licencji, mapy optymalnego wysiewu i nawożenia, analizy plonu) realizują program rolnictwa cyfrowego (Rolnictwo 4.0).

Publikacja zawiera uaktualnione wskaźniki eksploatacyjne i/lub wskaźniki racjonalnego wykorzystania, wskaźniki doboru sprzętu do gospodarstw w zależności od skali produkcji, w tym od areału poszczególnych upraw, liczby zwierząt lub wielkości produkcji rolniczej. Powyższe wskaźniki przedstawiono dla ciągników rolniczych i innych środków transportowych jak również dla maszyn, narzędzi i urządzeń stosowanych w typowych pracach polowych, w produkcji roślinnej a także w produkcji zwierzęcej.

Zaproponowane wartości wskaźników doboru poszczególnych rodzajów oraz typów sprzętu rolniczego ustalono na podstawie fachowej literatury, licznych i unikalnych wyników badań własnych prowadzonych w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym Państwowym Instytucie Badawczym (ITP-PIB), a także na podstawie doświadczeń ekspertów z placówek naukowych, a w szczególności w oparciu o informacje pochodzące od producentów, przedstawicieli handlowych i użytkowników sprzętu rolniczego. Przy określaniu wartości wskaźników racjonalnego doboru maszyn do gospodarstw rolnych uwzględniono zarówno możliwość zapewnienia dostępu w miarę szerokiej grupie rolników do zautomatyzowanego sprzętu, nowoczesnych rozwiązań szeroko rozumianej technologii produkcji rolniczej, jak również uwzględniono brak możliwości intensywnego użytkowania nowoczesnego sprzętu w warunkach znacznego rozdrobnienia polskiego rolnictwa.

Niniejsza publikacja została uaktualniona na podstawie wcześniejszych opracowań Pana dr inż. Aleksandra Muzalewskiego, ekspertyz wykonanych w dawnym IBMER oraz jej aktualizacji [MUZALEWSKI 2014]. Powyższe opracowanie jest dostępne między innymi na stronach internetowych Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR).

W przygotowaniu wytycznych i wskaźników doboru maszyn wykorzystano także:

- merytoryczne sugestie i pytania kierowane do ITP-PIB/IBMER przez rolników, pracowników ARiMR, a także grono pozostałych zainteresowanych,
- wyniki analiz danych z Powszechnych Spisów Rolnych z 2010 i 2020 roku,
- doświadczenia z realizacji działań inwestycyjnych w ramach PROW 2007–2013 oraz PROW 2013-2020.

Opracowanie adresowane jest do potencjalnych beneficjentów w ramach PS WPR 2023-2027 obejmujących zakup sprzętu rolniczego oraz do pracowników ARiMR oceniających wnioski o przyznanie pomocy. Mamy nadzieję, że zawarte w publikacji wskaźniki i parametry znacząco pomogą przygotować właściwe dokumenty dla beneficjentów programów, a pracownicy ARiMR ocenią prawidłowość składanych wniosków mając na uwadze planowane w gospodarstwach inwestycje uwzględniające prawidłowość doboru maszyn w gospodarstwach. Niniejsze opracowanie jako aktualizacja może stanowić przydatne źródło informacji dla praktyki rolniczej zwłaszcza przy przewidywaniu wdrażania postępu technicznego w polskim rolnictwie.

1. Zasady racjonalnej mechanizacji gospodarstw rolnych

1.1. Racjonalna mechanizacja gospodarstw rolnych

Racjonalnie dobrany i użytkowany park ciągnikowo-maszynowy powinien usprawnić realizację zabiegów produkcyjnych zgodnie z wymaganiami agrotechnicznymi (okresy agrotechniczne i jakość wykonania zabiegów), natomiast koszty jego posiadania nie mogą obciążać gospodarstwa ponad możliwości bieżącego odtwarzania sprzętu. Powyższe stwierdzenie zawiera kilka istotnych elementów, na które należy zwrócić uwagę przy wyposażaniu gospodarstw w środki mechanizacji.

Okresy agrotechniczne.

W produkcji roślinnej charakteryzującej się naturalnym procesem wegetacji, w tym kolejnymi fazami rozwoju roślin, niezmiennie ważne jest dostosowanie terminu i czasu wykonania poszczególnych prac maszynowych do wymagań roślin. Każdą z uprawianych roślin cechuje optymalny termin wykonania kolejnych zabiegów, którego przekroczenie w efekcie końcowym skutkuje obniżką plonu a często i jego jakości, co jest powodem strat lub dodatkowych nakładów (np. konieczność dosuszania wilgotnego ziarna). Dotyczy to głównie zbiorów i siewów, ale też innych zabiegów agrotechnicznych.

Jakość wykonania zabiegów.

Dla plonowania roślin i zapewnienia odpowiedniej jakości zebranych płodów rolnych konieczne jest prowadzenie prac z najwyższą starannością. Istotne do całej technologii produkcji są kolejne etapy: odpowiednia uprawa gleby przedsięwna, właściwy siew, kolejne etapy nawożenia, zabiegi fitosanitarne oraz zbiór, transport i odpowiedni sposób przechowywania płodów rolnych.

Koszty wykonania prac z wykorzystaniem zestawów maszyn są pochodną ilości i wartości znajdującego się na wyposażeniu gospodarstwa sprzętu rolniczego oraz bieżących kosztów jego użytkowania. W przeliczeniu na jednostkę pracy (godz., ha, t, szt.) tzw. koszty utrzymania maszyn, tj. koszty ich posiadania, są tym mniejsze, im bardziej jest wykorzystany potencjał eksploatacyjny poszczególnych maszyn, a więc im intensywniej są wykorzystywane w pracach polowych. Realizacja tego celu zależy między innymi od precyzyjnego doboru maszyn, dostosowanego do skali produkcji.

Możliwość odtwarzania posiadanego przez gospodarstwo parku ciągnikowo-maszynowego zależy od relacji pomiędzy wartością produkcji a ponoszonymi nakładami. Wypracowany w gospodarstwie dochód powinien z jednej strony zapewnić byt rodzinie, a z drugiej powinien umożliwić inwestowanie w nowoczesny sprzęt rolniczy i inne środki trwałe, zarówno w celu odtwarzania zużytych zasobów, jak również powodować rozwój gospodarstwa. Ograniczone możliwości inwestycyjne oraz konieczność obniżania kosztów produkcji wskazują na potrzebę zachowania równowagi przy planowaniu wyposażania gospodarstwa w zbyt liczny i wydajny, ale kosztowny sprzęt rolniczy. Nadmienić należy, że postęp techniczny maszyn w ostatnim dziesięcioleciu może stanowić istotny przyczynek do poprawy wyposażenia mniejszych gospodarstw w bardziej wydajny i skomplikowany sprzęt. Graniczne wartości podawane w niniejszym opracowaniu wychodzą naprzeciw potrzebom rolników i dostosowują możliwości wyboru nie tylko do kosztów tych urządzeń, ale poprawiają możliwości skorzystania z dofinansowań w szerszym zakresie.

Przy doborze sprzętu rolniczego w gospodarstwie należy przyjąć zasadę równowagi pomiędzy potencjalną skalą produkcji przy zakupie nowych bardziej wydajnych i mniej awaryjnych urządzeń polowych. Takie podejście do potrzeb gospodarstwa jest bardziej ekonomiczne, gdy

odpowie się co powoduje zwiększenie opłacalności prowadzenia produkcji poprzez sprawne wykonanie prac polowych we właściwych terminach agrotechnicznych i możliwie krótkim czasie. W skrajnych przypadkach zwiększenie potencjału mechanizacji gospodarstwa może powodować efekt nadmiernego przeinwestowania danego gospodarstwa. Dlatego wychodząc z propozycją racjonalnego podejścia i krytyczną oceną merytoryczną przedsięwzięcia wskazane jest indywidualne ocenianie inwestycji.

Koniecznym wydaje się zachowanie równowagi pomiędzy potrzebą spełnienia wymagań agrotechnicznych poszczególnych zabiegów produkcyjnych, wydajnością i kosztami eksploatacji zastosowanych maszyn. Zakup maszyn o lepszych parametrach powinien być zweryfikowany potencjałem zwiększenia produkcji, wydajności z uwzględnieniem zmieniającego się klimatu. Należy nadmienić, że przy dynamicznych zmianach klimatu znacznie bardziej wydajna maszyna (ciągnik, zestaw roboczy) może poprawić opłacalność produkcji ograniczając negatywne skutki ekonomiczne zakupu wydajnej i sprawnej maszyny.

1.2. Czynniki doboru maszyn

Wypośażenie gospodarstw w sprzęt rolniczy, w tym liczba, rodzaje, wartość i wydajności maszyn oraz liczba i moc stosowanych ciągników są bardzo zróżnicowane pomiędzy poszczególnymi gospodarstwami, nawet o podobnym profilu produkcji. Czynnikiem najbardziej różnicującym gospodarstwa pod względem wyposażenia w środki mechanizacji jest niewątpliwie wielkość (areal) gospodarstwa. Jest on głównym wyróżnikiem skali produkcji. Obserwowane w ramach poszczególnych grup obszarowych gospodarstw różnice w wyposażeniu technicznym jest natomiast pochodną struktury produkcji, w tym udziałem upraw pracochłonnych (np. okopowe), a także jej specjalizacji.

Różnice w poziomie wyposażenia w ciągniki i maszyny rolnicze to także, a może przede wszystkim, rezultat dysproporcji w rozwoju i w sile ekonomicznej poszczególnych jednostek. Gospodarstwa o utrwalonej pozycji na rynku, dochodowe, które stosunkowo osiągnęły etap zaawansowanej mechanizacji, wyróżniają się dzisiaj nowoczesnym zestawem sprzętu rolniczego, zwłaszcza w porównaniu do producentów rolnych z regionów o znacznie rozdrobnionej strukturze agrarnej. Ta pierwsza grupa, zdecydowanie większych i rozwiniętych gospodarstw, zgłasza dzisiaj popyt na coraz bardziej wydajne maszyny nowej generacji, podczas gdy mniejsze i słabsze ekonomicznie gospodarstwa znajdują się na etapie wyposażania w sprzęt podstawowy.

Gospodarstwa o niewielkim potencjale produkcji nie są w stanie, w oparciu o uzyskane dochody, sfinansować nowoczesnego zestawu maszyn. Mała skala produkcji zmniejsza możliwości racjonalnego wykorzystania maszyn, czego wyrazem są nadmiernie wysokie koszty ich eksploatacji wobec niskiej opłacalności prowadzonej działalności. Z powyższych względów mniejsze gospodarstwa, które przeważają w strukturze polskiego rolnictwa, wybierają prostsze, mniej wydajne, ale stosunkowo tanie maszyny. Jeśli już decydują się na zakup maszyn specjalistycznych, to jest to najczęściej sprzęt używany, a więc tańszy. Na „luksus” dysponowania pełnym i wydajnym zestawem maszyn mogą sobie pozwolić jedynie bardzo duże, kilkusethektarowe jednostki, chociaż i one w wielu przypadkach wybierają tańszą usługę zamiast inwestować w drogą specjalistyczną maszynę, która nie ma zapewnionego dostatecznego frontu pracy w gospodarstwie.

Innym czynnikiem, który oddziałuje na poziom umaszynowania gospodarstw jest forma

mechanizacji prac polowych (indywidualna, usługowa lub zespołowa). Gospodarstwo korzystające z usług mechanizacyjnych nie musi posiadać kompletnego zestawu maszyn. Rolnicy dążą jednak do samowystarczalności pod względem wyposażenia w sprzęt rolniczy i korzystają z usług najczęściej tylko przy zbiorze plonów. Argumentem uzasadniającym posiadanie własnych maszyn może być np. niedostępność usług, względnie ich wysoki koszt lub zawodność. Swoboda dysponowania własną maszyną jest gwarancją szybkiego jej zastosowania, w odpowiednim momencie, co jest istotne w niesprzyjających warunkach pogodowych oraz w krótkich okresach agrotechnicznych. Szczególne, specyficzne potrzeby gospodarstw, ze względu na liczbę i wydajność maszyn oraz moc ciągników determinowane są indywidualnymi warunkami gospodarowania. Są one charakteryzowane między innymi przez:

Czynniki przyrodnicze, w tym: typ gleb – głównie ze względu na ich zwięźłość wpływającą na opór stawiany narzędziom uprawowym i wymaganą klasę uciągu współpracujących z tymi narzędziami ciągników oraz warunki klimatyczne, a zwłaszcza poziom i częstotliwość opadów deszczu w okresach prac polowych.

Czynniki topograficzne: ukształtowanie (rzeźba) terenu, liczba działek wchodzących w skład gospodarstwa oraz ich odległość od siedliska (rozłóg), stan dróg dojazdowych, wielkość i kształt pól, przeszkody terenowe.

Czynniki ekonomiczne: stan dotychczasowego wyposażenia gospodarstwa w środki mechanizacji oraz możliwość realizacji inwestycji maszynowych, opłacalność wprowadzania postępu technicznego zależna między innymi od relacji kosztu mechanizacji do zasobów i kosztu robocizny, spodziewane wymierne i niewymierne efekty modernizacji.

Ogół tych czynników, a można by wymienić jeszcze inne, wpływa na racjonalność doboru środków mechanizacji do poszczególnych gospodarstw rolnych, w tym na wydajność agregatów ciągnikowo-maszynowych niezbędną do sprawnego realizacji prac. Trzeba przy tym podkreślić, że podstawowe znaczenie z punktu widzenia racjonalnego doboru i wykorzystania sprzętu rolniczego, w tym minimalizacji kosztów prac maszynowych, ma skala produkcji, związana z powierzchnią gospodarstwa (arealem użytków rolnych (UR)) oraz strukturą i intensywnością produkcji (udział upraw pracochłonnych oraz poziom nakładów czynników produkcji).

1.3. Czynniki wpływające na wydajność prac maszynowych

Poszczególne rodzaje i typy maszyn charakteryzują się określoną wydajnością pracy zależną między innymi od szerokości i prędkości roboczej. Na tzw. wydajność efektywną, czyli osiąganą podczas nieprzerwanej pracy maszyny na polu, największy wpływ wywiera: rodzaj i wilgotność gleby oraz jej zakamienienie, rzeźba terenu, stan i masa zbieranego plonu, stopień zachwaszczenia uprawy, dawki stosowanych środków (nawozy, chemikalia, materiał siewny), a także odpowiednia regulacja i stan techniczny maszyny. Z tego powodu np. orka gleby zwięźłej trwa dłużej niż gleby piaszczystej, a kombajnowy zbiór zboża o plonie $6 \frac{t}{ha}$ zajmuje więcej czasu, niż zbiór zboża o plonie $3 \frac{t}{ha}$.

Jednak przy określaniu potrzeb w zakresie umaszynowania gospodarstwa celowe jest uwzględnienie tzw. wydajności eksploatacyjnej (praktycznej) poszczególnych maszyn. Oznacza ona zdolność do wykonania określonej ilości pracy w ciągu dnia roboczego, w warunkach konkretnego gospodarstwa. Jest ona zdecydowanie niższa od wydajności efektywnej (czasami

nawet o połowę), gdyż dodatkowo zależy między innymi od: wielkości i kształtu pól (straty czasu na uwrociach), rozłogu gospodarstwa, w tym liczby działek oraz ich odległości od siedliska (czas przejazdów jałowych), sprawnej organizacji odbioru płodów rolnych, np. od kombajnu, względnie transportu na pole środków produkcji (nawozy, woda, sadzeniaki), przerw w pracy (awarie i usterki, czynniki losowe), czasu niezbędnego do przygotowania maszyny do pracy oraz na obsługę po zakończeniu dnia roboczego.

Rzeźba – ukształtowanie terenu

Podczas zabiegów uprawowych na zboczach o pochyleniu do 8°, a szczególnie orki, trzeba się liczyć z nieuniknionym spadkiem wydajności o 11-38% w stosunku do warunków pracy agregatów ciągnikowo-uprawowych na terenie płaskim.

Liczba i odległość działek rolnych

Rolnictwo polskie charakteryzuje się nie tylko małą średnią powierzchnią gospodarstw, ale także niekorzystnym rozłogiem wielu z nich (liczba działek oraz ich odległość od siedliska). Według dostępnych informacji z Powszechnego Spisu Rolnego 2020, liczba gospodarstw rolnych w Polsce wyniosła około 1,3 miliona, co stanowi spadek o blisko 13% w porównaniu z 2010 rokiem. Średnia powierzchnia użytków rolnych na jedno gospodarstwo wzrosła z 9,8 ha w 2010 roku do 11,1 ha w 2020 roku. W oparciu o dane z Powszechnego Spisu Rolnego (PSR) z 2010 r. (brak danych w tym zakresie ze spisu 2020), w grupie gospodarstw o powierzchni ponad 1 ha, aż 24,9% posiada więcej niż 5 działek rolnych, a 9,4% gospodarstw w Polsce ma przynajmniej jedną działkę położoną w odległości co najmniej 5 km od gospodarstwa, z kolei aż 8,2% w odległości 10 km i więcej [GUS 2013]. Rozproszenia lokalizacyjne działek w gospodarstwie powoduje zmniejszenie wydajności pracy agregatów maszynowych. W przypadku wystąpienia dużego rozproszenia poszczególnych małych powierzchni w gospodarstwie powoduje konieczność korzystania z bardziej wydajnych jednostkowo układów maszyn.

Według badań Aleksandra Muzalewskiego zwiększenie dystansu do pola z 0,5 do 5 km, wydłuża czas pracy maszyn średnio o 30 minut (przejazdy tam i z powrotem). Biorąc pod uwagę 10-godzinny cykl pracy powoduje to znaczące obniżenie wydajności eksploatacyjnej. W przypadku orki z wydajnością 0,33 ha/godz. zaorana w ciągu dnia powierzchnia jest mniejsza tylko o 0,17 ha, ale już w przypadku pracy kombajnu zbożowego o wydajności roboczej 2 ha/godz., ta powierzchnia zmniejsza się aż o 1,07 ha/dzień. Rozwiązaniem jest wynajęcie firmy zewnętrznej do wykonania zbioru plonu z pola.

Z uwagi na sprawną realizację prac należy przyjąć, że gospodarstwo o rozproszonej strukturze, z działkami (polami) położonymi w znacznej odległości od siedliska, powinno dysponować zestawem maszyn i ciągników o około 20-25 % wydajniejszym.

Zwięzłość gleby

Zwięzłość gleby jest tym czynnikiem, który w największym stopniu wpływa na wydajność maszyn do uprawy gleby oraz klasę uciągu współpracującego z maszyną ciągnika. Różnice w wydajności orki różnych rodzajów gleb (ciężkie, lekkie) mogą wynosić nawet 50-60%. Podczas doboru ciągników do gospodarstwa należy zwrócić uwagę na to, że podstawowy ciągnik w gospodarstwie powinien zapewnić możliwość pracy w najtrudniejszych warunkach glebowych z dostatecznie dużymi narzędziami uprawowymi dostosowanymi do skali produkcji.

Wielkość pola. Warunki naturalne gospodarstwa, w tym powierzchnia i topografia pól, na których

pracują maszyny, wpływają z jednej strony na wydajność, a z drugiej na koszty. Wydajność maszyn istotnie maleje na powierzchniach mniejszych niż 1,0 ha, szczególnie gdy obrys pola jest nieregularny. Agregaty ciągnikowo-maszynowe i samobieżne kombajny osiągają mniejszą wydajność na polach małych z uwagi na większy udział czasu nawrotów i innych przejazdów jałowych w czasie roboczym maszyny. Dlatego np. orka pola o powierzchni 20 ha jest o 25 do 40% wydajniejsza niż pola 1 ha, w zależności od zwężności gleby i szerokości roboczej pługa. Podobnie zbiór zboża kombajnem z pola o powierzchni 20 ha jest o około 15-45% wydajniejszy niż z pola 1 ha.

Ogół tych czynników rzutuje na ilość pracy możliwej do wykonania w ciągu dnia roboczego, a razem z liczbą dni dyspozycyjnych w okresie agrotechnicznym - na zdolność maszyny do wykonania określonej pracy w tym okresie. Układ tych czynników determinuje tzw. „łatwe” bądź „trudne” warunki gospodarstwa, z uwagi na wydajność prac maszynowych, co obrazuje tabela 1. W gospodarstwie o niekorzystnym układzie tych czynników wydajność zestawów maszyn powinna być odpowiednio wyższa, aby zagwarantować wykonanie wszystkich prac w zalecanym terminie. Również w przypadku nakładania się terminów wykonania zabiegów agrotechnicznych (w okresie spiętrzenia prac polowych) moce wykonawcze posiadanych środków mechanizacji powinny być odpowiednio wyższe, względnie należy skorzystać z dodatkowego najmu usług.

Tabela 1 Wybrane czynniki określające warunki gospodarstwa (łatwe, trudne) z uwagi na wydajność prac zmechanizowanych

Czynniki doboru maszyn	Łatwe	Trudne
Rodzaj gleby	Lekkie	Ciężkie
Wilgotność gleby w trakcie wykonywania zabiegów	Optymalna	Za duża/miała
Zakamienianie pola	Brak	Duże
Rzeźba terenu	Płaska	Pofałdowana
Stan zachwaszczenia upraw	Mały	Duży
Plony płodów rolnych	Niskie	Wysokie
Dawki środków produkcji, np. nawozów	Niskie	Wysokie
Wielkość pól	Ponad 2 ha	Do 1 ha
Kształt pól	Prostokątny	Nieregularny
Liczba działek	Do 3	Powyżej 3
Odległość dojazdu do pól	Mała	Duża
Stan dróg dojazdowych do pól	Dobry	Zły
Opady deszczu w okresach prac polowych	Brak	Częste
Stan techniczny maszyny	Dobry	Zły

Źródło: MUZALEWSKI [2010]

1.4. Podział maszyn ze względu na zastosowanie w gospodarstwie

Do maszyn podstawowych lub ogólnouprawowych zaliczamy te, których głównym zadaniem jest odtworzenie zdolności produkcyjnych gleby i zapewnienie warunków do rozwoju roślin, a ich użycie jest niezbędne w większości rodzajów upraw. Są to więc maszyny o potencjalnie dużej rocznej wydajności, gdyż mogą być wykorzystywane na całym areale gruntów ornych, względnie użytków rolnych gospodarstwa. Znajdują one zastosowanie w następujących rodzajach prac polowych:

- podstawowa uprawa roli (orka oraz zabiegi poźniwej i przedsiewnej uprawy roli),
- nawożenie mineralne i organiczne,
- siewy zbóż i roślin technologicznie podobnych siewnikami uniwersalnymi.

Nazwa tej grupy maszyn wywodzi się również stąd, że zwykle stanowią one podstawę wyposażenia ogółu gospodarstw rolnych.

Zastosowanie maszyn specjalistycznych jest zwykle ograniczone do uprawy jednej lub wąskiej grupy roślin, bądź chowu określonego gatunku zwierząt. Są to więc maszyny o wąskiej specjalizacji i najczęściej o stosunkowo niewielkim wykorzystaniu w ciągu roku. Zalicza się do nich przede wszystkim większość maszyn do zbioru płodów rolnych, a także wybrane maszyny związane z uprawą pewnych grup roślin (np. siewniki punktowe, sadzarki). W tej grupie należy także wymienić maszyny o bardzo specyficznym, względnie rzadkim zastosowaniu, w tym również maszyny o nietypowej konstrukcji (np. głębosze, zgarniacze i zbieracze kamieni). Zdaniem autora sprzętem specjalistycznym są także opryskiwacze, z uwagi na specyfikę wykonywanych nimi zabiegów chemicznej ochrony roślin.

Najważniejszą grupę wśród maszyn specjalistycznych stanowią maszyny do zbioru roślin (zbóż i roślin technologicznie podobnych, buraków, ziemniaków, zielonek i siana). Charakteryzują się one dużym zróżnicowaniem funkcjonalnym i konstrukcyjnym. Ich zastosowanie ogranicza się zwykle do zbioru jednego rodzaju roślin. Maszyny te są zazwyczaj najdroższe (np. kombajny do zbioru zbóż, zielonek, okopowych) i z tego powodu najbardziej obciążają gospodarstwo kosztami stałymi. Nieracjonalne wykorzystanie tych maszyn powoduje zwiększenie kosztów produkcji. Decyzja o ich zakupie powinna być poprzedzona szczególnie wnikliwą analizą możliwości efektywnego wykorzystania, w tym także w usługach lub w ramach zespołowego użytkowania maszyn.

Maszyny uzupełniające służą głównie do transportu oraz przeładunków środków produkcji i płodów rolnych oraz różnego rodzaju obróbki uzyskanych płodów rolnych.

W prawie każdej z tych grup maszyn (podstawowe, specjalistyczne, uzupełniające) znaleźć można tanie, ale proste lub mało wydajne konstrukcje, jak również rozwiązania nowoczesne i wydajne, ale dość kosztowne. Od możliwości finansowych i warunków gospodarstwa oraz wymogów prowadzonej działalności zależy wybór określonego typu maszyn.

Odrębną i bardzo zróżnicowaną grupę sprzętu rolniczego stanowią maszyny mające zastosowanie w produkcji zwierzęcej oraz cała gama maszyn, narzędzi i urządzeń przeznaczonych do mechanizacji prac w warzywnictwie i sadownictwie.

2. Metoda oceny racjonalności wyposażania gospodarstw w środki mechanizacji

2.1. Założenia oceny

Zasadniczym sposobem oceny racjonalności zakupu maszyn i ciągników rolniczych w ramach projektów inwestycyjnych realizowanych w ramach PS WPR 2023-2027 jest porównanie intensywności użytkowania tych środków mechanizacji z przyjętą wartością kryterialną. Miarą tego kryterium jest roczne wykorzystanie, np. w godz./rok, ha/rok itp., sprzętu rolniczego przy założonym okresie jego eksploatacji.

W przypadku wybranych grup środków mechanizacji bardziej użytecznym sposobem oceny racjonalności ich doboru do gospodarstw jest zastosowanie metody wskaźnikowej. Takie podejście pozwala na pośrednią ocenę intensywności użytkowania maszyn przy założeniu, że przyjęte do porównań wskaźniki opracowano z należytą dokładnością oraz że zachowano warunek porównywalności gospodarstw.

Należy zauważyć, że w ocenie racjonalności wyposażania gospodarstw w sprzęt rolniczy i jego użytkowania równie istotne, z punktu widzenia ekonomiki gospodarowania, są także inne aspekty procesu produkcyjnego, takie np. jak spełnienie podstawowych wymagań agrotechnicznych, w tym zwłaszcza dotyczących terminowości prac i ich jakości.

Natomiast z punktu widzenia założonych celów programu rozwoju i modernizacji rolnictwa ważne jest także umożliwienie dostępu szerszej grupy rolników (beneficjentów działań inwestycyjnych) do zmechanizowanych, nowoczesnych technologii produkcji rolniczej.

Przy określaniu wskaźników racjonalnego doboru maszyn rolniczych do gospodarstw, w tym minimalnego (normatywnego) wykorzystania maszyn, wzięto pod uwagę:

liczbę dni dyspozycyjnych w sezonie wyznaczających nieprzekraczalny, ze względów agrotechnicznych, okres czasu na wykonanie poszczególnych prac polowych, potrzebę wykonania wybranych prac w bardzo krótkim czasie, czasami w ciągu jednego dnia, np. z uwagi na uniknięcie ryzyka zarażenia upraw polowych lub sadowniczych chorobami grzybowymi, zapewnienie, z uwagi na minimalizację kosztów mechanizacji, możliwie wysokiego wykorzystania potencjału eksploatacyjnego maszyn i urządzeń w gospodarstwie rolnym, a z drugiej strony, celem zwiększenia dostępności rolników do techniki rolniczej i nowoczesnych rozwiązań w tym zakresie założono, że potencjał ten może być wykorzystany w 75% wartości normatywnych, a w szczególnie uzasadnionych przypadkach mniej.

Ponadto dla większości rodzajów maszyn i urządzeń rolniczych przyjęto okres ich eksploatacji wynoszący 8-15 lat.

W wyniku powyższych założeń określono minimalne wykorzystanie większości rodzajów środków mechanizacji na niższym od normatywnego poziomie. Uzasadnieniem dla takiego podejścia jest potwierdzony między innymi wynikami badań IBMER/ITP-PIB brak praktycznej możliwości pełnego wykorzystania potencjału eksploatacyjnego. Racjonalne gospodarowanie parkiem maszynowym w gospodarstwach mniejszych i średnich posiadających wyeksploatowane maszyny, powinno uzyskać wsparcie celem odnowienia parku maszynowego.

Zaproponowane wartości wskaźników racjonalnego (minimalnego) wykorzystania poszczególnych rodzajów oraz typów maszyn i urządzeń rolniczych, zostały ustalone na podstawie:

- danych literaturowych krajowych [MUZALEWSKI 2010],
- badań własnych IBMER/ITP-PIB,
- opinii ekspertów z instytutów naukowych, a także producentów, dealerów i użytkowników sprzętu rolniczego,
- doświadczeń płynących z dotychczasowej realizacji działań inwestycyjnych w ramach PROW 2014-2020.

Ustalone wartości wykorzystania rocznego lub wykorzystania w okresie eksploatacji maszyn są najczęściej kompromisem pomiędzy terminowością wykonania prac a pożądaną, z uwagi na poziom kosztów maszynowych, intensywnością użytkowania sprzętu.

2.2 Algorytm oceny

Do oceny racjonalności zakupu i użytkowania maszyn w gospodarstwach rolnych zaproponowano dwa algorytmy.

W podstawowym algorytmie (Algorytm I) do oceny racjonalności zakupu maszyny/urządzenia wykorzystuje się opracowane dla konkretnych rodzajów oraz typów środków mechanizacji wartości wskaźników stanowiących kryterium oceny. Zadaniem oceniającego jest oszacowanie potencjalnego wykorzystania maszyny WR w gospodarstwie, względnie ustalenie np. liczby zwierząt lub np. liczby i mocy ciągników użytkowanych w gospodarstwie, a następnie porównanie tych wielkości z wartością kryterialną.

W drugim, uniwersalnym algorytmie (Algorytm II) oceny racjonalności zakupu sprzętu rolniczego konieczne jest zarówno oszacowanie potencjalnej ilości wykonanej maszyną pracy WR, jak również obliczenie wartości wskaźnika będącego kryterium oceny. W celu obliczenia wartości kryterialnej wykorzystuje się typowe wskaźniki eksploatacyjne maszyn zawarte np. w opracowaniach IBMER/ITP-PIB.

Algorytm I

Algorytm I opracowano dla wybranych, ważniejszych grup środków mechanizacji i urządzeń stosowanych w produkcji roślinnej, obejmującej także warzywnictwo i sadownictwo, oraz w produkcji zwierzęcej. Istotą tego algorytmu jest zastosowanie do powyższej oceny wskaźników minimalnego wykorzystania bądź wyposażenia gospodarstwa w sprzęt rolniczy, dla konkretnych rodzajów oraz typów maszyn i urządzeń. W niniejszej publikacji takie wskaźniki opracowano dla ponad 100 rodzajów i typów sprzętu rolniczego, w tym ciągników, maszyn i urządzeń rolniczych. Rodzaj maszyny jest określony przez jej nazwę, a typ przez podstawowe parametry robocze, np.: szerokość robocza, moc, pojemność, ładowność lub wydajność.

Do oceny racjonalności zakupu i użytkowania tej grupy maszyn zaproponowano kryteria podstawowe, a w części przypadków także kryteria dodatkowe (uzupełniające).

Kryteria podstawowe:

minimalne wykorzystanie maszyny W_R^N wyrażane najczęściej w ha/rok, a w części przypadków w godz./rok lub t/rok,

względnie minimalna liczba zwierząt (stan średnioroczny) przypadająca na 1 maszynę lub urządzenie.

Kryterium dodatkowe: minimalna powierzchnia A (w ha) odpowiednich upraw lub użytków zielonych.

Dla kilku specyficznych grup maszyn i urządzeń zamieszczono oddzielny komentarz dotyczący zasad doboru tego sprzętu, w tym zawierający uzasadnienie dla przyjętych wskaźników wykorzystania lub wyposażenia.

Do oceny racjonalności doboru do gospodarstwa środków transportu rolniczego zastosowano metodę wskaźnikową. Kryteriami oceny doboru tej grupy środków mechanizacji są np. wskaźniki: wyposażenia w ciągniki, przyczepy lub ładowacze w zależności od powierzchni gospodarstwa, nasycenia gospodarstwa mocą ciągników.

Algorytm II

Algorytm II stosuje się do oceny doboru pozostałych środków mechanizacji (innych niż wymienione w tej publikacji 38 rodzajów i/lub grup maszyn i urządzeń rolniczych). W tym algorytmie w celu oceny racjonalności zakupu i użytkowania maszyn należy:

określić potencjalną ilość pracy A (np. w ha), jaką można wykonać w gospodarstwie danym rodzajem maszyny (w skali roku),

ustalić wydajność eksploatacyjną maszyny W_{07} (np. w ha/godz.), zależną nie tylko od parametrów roboczych (typu) maszyny, ale także np. od warunków pracy, plonu itp.,

a z ilorazu tych dwóch wielkości należy obliczyć potencjalne roczne wykorzystanie maszyny W_R (np. w godz./rok),

$$W_R = \frac{A}{W_{07}} \left[\frac{\text{godz}}{\text{rok}} \right]$$

gdzie:

A - ilość pracy w gospodarstwie – najczęściej wyrażana w ha/rok, a w określonych przypadkach w t/rok, szt./rok itp.,

W_{07} - wydajność eksploatacyjna maszyny, odpowiednio w ha/godz., t/godz., szt./godz.,

Tak obliczone wykorzystanie maszyny W_R należy następnie porównać z wartością graniczną W_R^N , stanowiącą eksploatacyjne kryterium oceny racjonalności zakupu i użytkowania maszyny.

Godzinowe wykorzystanie kryterialne (minimalne wykorzystanie w roku) W_R^N oblicza się według poniższego wzoru:

$$W_R^N = \frac{k \cdot T_H}{T} \left[\frac{\text{godz}}{\text{rok}} \right]$$

gdzie:

W_R^N - minimalne wykorzystanie maszyny w roku, godz./rok,

T_H - potencjał eksploatacyjny maszyny w okresie trwania, godz., T - zalecany (nie dłuższy niż) okres eksploatacji maszyny, lata,

k - współczynnik korekcyjny.

- W celu obliczenia wartości kryterialnej W_R^N wykorzystuje się typowe wskaźniki eksploatacyjne maszyn (np. W_{07} i T_H) zawarte np. w opracowaniach IBMER/ITP [MUZALEWSKI 2010], względnie w publikacjach zagranicznych.
-

2.3. Procedura oceny

W przypadku obu algorytmów warunkiem pozytywnej oceny wniosku o dofinansowanie zakupu maszyny jest zagwarantowanie wykorzystania maszyny w gospodarstwie na poziomie nie niższym od podanego jako kryterium oceny. Jednak, aby zagwarantować szerszy dostęp do nowoczesnych maszyn dla gospodarstw oraz tam, gdzie sprzęt jest wyeksploatowany technicznie należy rozważyć modernizację parku technicznego gospodarstwa.

Należy jednak zauważyć, że zarówno wartości przyjętych lub obliczonych kryteriów, jak również szacunek np. wykorzystania maszyny, są ustalone z pewnym przybliżeniem dla przeciętnych warunków gospodarowania. Można założyć, że margines błędu oszacowania tych wielkości zawiera się w granicach $\pm 30\%$.

Wyjaśnienia terminów:

wartości przyjętych kryteriów – to podane w niniejszym opracowaniu wartości wskaźników np. minimalnego wykorzystania maszyn w roku $W_R^N (\frac{ha}{rok})$,

wartości obliczonych kryteriów – to obliczane (wg algorytmu II) wartości wskaźników minimalnego wykorzystania maszyn,

wykorzystanie maszyny – to szacunek potencjalnego wykorzystania maszyny w gospodarstwie $W_R (\frac{ha}{rok})$.

Zgodnie z powyższą uwagą podane w opracowaniu wartości wskaźników minimalnego wykorzystania maszyn W_R^N są wielkościami przeciętnymi dla ogółu gospodarstw i typowych warunków pracy oraz dla standardowych rozwiązań konstrukcyjnych i właściwości eksploatacyjnych maszyn. Należy je więc traktować z 20-25% marginesem tolerancji, a nie jako „sztywne” kryteria opiniowania wniosków.

Dlatego uważamy, że w działaniach inwestycyjnych PS WPR 2023-2027 należy uznawać za zasadne dofinansowanie zakupów tych środków mechanizacji, których wykorzystanie w gospodarstwie W_R nie różni się od wykorzystania kryterialnego (minimalnego) W_R^N więcej niż o 20%. Z praktycznego punktu widzenia oznacza to, że należy akceptować zakupy tych maszyn, których potencjalne wykorzystanie W_R jest nawet o 20% niższe od wykorzystania kryterialnego (minimalnego) W_R^N .

Uważamy, że ten 20% margines tolerancji obejmuje typową zmienność szeregu czynników wpływających na racjonalność doboru sprzętu rolniczego do gospodarstw rolnych oraz na ocenę tego doboru². W związku z tym podstawą do pozytywnej oceny racjonalności wyposażenia gospodarstwa w określony rodzaj sprzętu rolniczego powinno być spełnienie warunku:

$$W_R \geq 0,8 W_R^N$$

W przypadku, gdy dofinansowanie zakupu maszyny nie może być udzielone ze względu na zbyt niskie jej wykorzystanie, w stosunku do zalecanego (W_R^N), możliwe są kolejne dwa rozwiązania: Szczegółowa analiza danych zawartych we wniosku z uwzględnieniem specyficznych warunków gospodarstwa, wpływających na wydajność pracy maszyny lub na moc ciągnika, w tym np. takich czynników jak wymienione w tabeli 1. W tym przypadku podstawą oceny mogą być zarówno dane zawarte we wniosku, jak również dodatkowe wyjaśnienia rolnika. Decyzja o podjęciu szczegółowej analizy wniosku jest tym bardziej uzasadniona im mniejsza jest różnica pomiędzy

potencjalnym wykorzystaniem W_R maszyny w gospodarstwie, a wykorzystaniem minimalnym W_R^N .

Propozycja zakupu mniejszej, a zarazem tańszej maszyny, której wydajność i potencjał eksploatacyjny bardziej będą odpowiadały potrzebom gospodarstwa nie zawsze jest uzasadniona względami bezpieczeństwa i koniecznością pracy pod presją czasu by ograniczyć straty związane z warunkami agrometeorologicznymi.

Wydajność eksploatacyjną W_{07} tej maszyny wyznaczamy ze wzoru:

$$W_{07} = \frac{k \cdot A \cdot T}{T_H} \left[\frac{ha}{godz} \right]$$

gdzie:

A – ilość pracy w gospodarstwie – najczęściej wyrażana w ha/rok, a w określonych przypadkach w t/rok, szt./rok itp.,

T – zalecany (nie dłuższy niż) okres eksploatacji maszyny (do 20 ÷ 25 lat),

T_H – potencjał eksploatacyjny maszyny w okresie trwania, godz.,

k – współczynnik korekcyjny (0,5 ÷ 0,75).

W tym przypadku należy jednak sprawdzić, czy wydajność tak dobranej maszyny jest wystarczająca z uwagi na długość okresu agrotechnicznego (liczbę dni/godzin dyspozycyjnych) na wykonanie określonych zabiegów (kryterium agrotechniczne).

3. Dobór maszyn a terminowość zabiegów agrotechnicznych

3.1. Terminowość zabiegów agrotechnicznych

Park maszynowy gospodarstwa powinien zapewnić terminowe i zgodne z wymaganiami agrotechnicznymi wykonanie prac, z gwarancją możliwie wysokiej ich jakości i niskich strat. Powyższe czynniki współdecydują o racjonalności zakupu maszyn, a ostatecznie o opłacalności prowadzonej działalności produkcyjnej. Opóźnienie wykonania poszczególnych zabiegów w stosunku do ich optymalnego terminu powoduje obniżkę plonu roślin uprawnych lub jest przyczyną jego strat. Dotyczy to zwłaszcza przedsięwzięcia uprawy gleby i siewu, zabiegów chemicznej ochrony roślin, a także zbioru płodów rolnych. Ryzyko obniżki plonu może powstać na skutek opóźnienia siewu czy sadzenia w okresie przekraczającym termin agrotechniczny, straty te mogą wynosić od 0,5% do nawet 2% za każdy dzień opóźnienia:

- dla żyta – ok. 0,5%, dla pszenicy – ok. 0,3-0,5%, dla pszenżyta 0,5-0,8%, dla rzepaku nawet do 2%, dla ziemniaków – ok. 0,7%, a dla buraków cukrowych – ok. 0,6-1,1%.

Do roślin szczególnie wrażliwych na niewłaściwe warunki i termin siewu zalicza się kukurydzę i buraki cukrowe. Opóźnienie ich siewu o 10-14 dni, w stosunku do optymalnego terminu, zmniejsza plon o 10-16% w wyniku mniej korzystnych warunków wilgotnościowych gleby i skrócenia okresu wegetacyjnego.

Duże straty, ze względu na nieterminowość zabiegu, mogą powstać podczas zbioru zbóż. Przekroczenie optymalnego okresu zbioru zbóż, w wyniku np. zastosowania kombajnu o zbyt małej wydajności lub zbyt długiego oczekiwania na usługę, zwiększa straty plonu na skutek osypywania się dojrzałego ziarna. Opóźnienie żniw w latach o niekorzystnym przebiegu warunków atmosferycznych wpływa na pogorszenie parametrów jakościowych ziarna, w tym na wzrost jego wilgotności i porażenie chorobami grzybowymi, co obniża dochodowość uprawy. W skrajnie niekorzystnych warunkach pogodowych, niezebrane wystarczająco szybko zboże wylega i przerasta chwastami, a wilgotne i niskiej jakości ziarno nie nadaje się nawet na paszę. Z powyższych względów decydując się na zakup maszyny nie należy kierować się wyłącznie rachunkiem ekonomicznym jej użytkowania, tj. wzajemną zależnością pomiędzy wydajnością a wykorzystaniem maszyny i kosztami jej eksploatacji, ale należy pamiętać o produkcyjnych konsekwencjach wyboru maszyny.

Nieterminowy zbiór zbóż skraca czas niezbędny na uprawę późniejszą oraz prawidłowe przygotowanie pola do siewu ozimin. W wyniku źle doprowadzonej gleby i opóźnionego siewu, rzepak oraz zboża ozime wykształcają słabszy system korzeniowy i są mniej rozkrzewione, co wpływa negatywnie na przetrwanie okresu zimy a w konsekwencji plon ziarna [SZULC 2015]. Szacuje się, że w zależności od rodzaju uprawianych roślin, warunków glebowych i przebiegu pogody opóźnienie terminu siewu o 10-14 dni powoduje obniżkę plonu nawet o 10 do 15%, a czasami więcej.

Mniejsze ryzyko strat z uwagi na nieterminowość występuje przy zbiorze buraków. Jednak opady deszczu w okresie jesiennych zbiorów ziemniaków, buraków i kukurydzy uniemożliwiają wykonywanie zbioru przez ciężkie maszyny polowe, czasami przez kilka dni, a mokra gleba utrudnia prawidłowe odsiewanie ziemniaków lub oczyszczenie korzeni buraków.

3.2. Kryterium agrotechniczne

W przypadku określonych rodzajów prac i stosowanych w nich maszyn, do oceny racjonalności zakupu i użytkowania sprzętu rolniczego zaleca się także zastosować kryterium agrotechniczne. Określa ono liczbę dni w sezonie agrotechnicznym, w których poszczególne zabiegi w produkcji roślinnej powinny zostać wykonane bez ryzyka obniżenia plonu roślin lub jego start w trakcie zbioru. Do tej długości okresu agrotechnicznego należy dostosować liczbę i wydajność stosowanych maszyn. Tę metodę można polecić przy ocenie racjonalności użytkowania zwłaszcza kombajnów zbożowych, a także opryskiwaczy polowych i sadowniczych, siewników i maszyn do przedsięwziętej uprawy gleby. Z powyższych względów minimalna wydajność maszyny powinna być na tyle wysoka, aby można było zdążyć z wykonaniem określonej ilości prac w nieprzekraczalnym okresie:

$$W_{07} \geq \frac{A}{L_Z} = \frac{A}{L_D \cdot L_G} \left[\frac{ha}{godz} \right]$$

gdzie:

- W_{07} - wydajność eksploatacyjna maszyny, ha/godz.,
- A - ilość pracy dla określonego rodzaju maszyny, ha/sezon lub ha/rok,
- L_Z - maksymalna liczba godzin pracy maszyny w okresie agrotechnicznym, godz./rok,
- L_G - liczba godzin pracy maszyny w ciągu dnia roboczego, godz./dzień,
- L_D - liczba dni dyspozycyjnych w sezonie, dni/sezon lub dni/rok.

Przykładem podejścia do oceny racjonalności zakupu i użytkowania sprzętu rolniczego z wykorzystaniem kryterium agrotechnicznego jest analiza doboru kombajnu zbożowego.

3.3. Zasady doboru kombajnów zbożowych – kryterium agrotechniczne

Kombajn zbożowy powinien być kupiony na najtrudniejszy sezon żniwny. Niemieccy specjaliści na podstawie wieloletnich statystyk doszli do wniosku, że wydajność kombajnu powinna być tak dobrana, aby podstawowe zboża zostały zebrane w ciągu 10-12 dni. Podobne zalecenia stosowane są także w polskich warunkach. Unika się wtedy ryzyka strat ziarna i pogorszenia jego jakości z powodu opadów deszczu. Nawet w trudnym, wilgotnym roku z dużą ilością opadów, zwykle około 10-12 dni jest korzystnych do sprawnego zbioru podstawowych zbóż, w ciągu których zebrane ziarno nie wymaga dosuszania. Do tej długości okresu agrotechnicznego powinna być dostosowana wydajność i liczba kombajnów w gospodarstwie – na najtrudniejszy okres żniwny. Raczej nie można w tym okresie liczyć na terminową i pewną usługę, gdyż przy dużej liczbie klientów każdy z nich chce w tych warunkach mieć jak najszybciej zebrane zboże. Natomiast usługodawca, chcąc zaspokoić potrzeby zlecniodawców, dąży do jak najszybszego zebrania zboża z poszczególnych pól.

Sposób doboru kombajnu zbożowego

Liczba dni dyspozycyjnych w sezonie, w których ziarno może być zebrane bez większego ryzyka strat ziarna z tytułu opadu deszczu - $L_D = 11$ (10÷12) dni.

Liczba godzin pracy kombajnu w ciągu dnia roboczego - $L_G = 9$ (8÷10) godzin.

Zboże można zacząć kosić dopiero po obeschnięciu porannej rosy, czyli około godz. 9-10, a należy

je zakończyć przed rosą wieczorną około 18-19. W rezultacie jest to około 9 (8-10) godzin pracy kombajnu w ciągu dnia roboczego.

Łączna liczba godzin pracy kombajnu w sezonie agrotechnicznym (11 dni) wynosi więc:

$$L_Z = L_D \times L_G = 11 \times 9 = \text{ok. } 100 \text{ godzin/sezon.}$$

W czasie tych 100 godzin zboże powinno być zebrane, aby uniknąć nadzwyczajnych strat ziarna lub dodatkowych kosztów spowodowanych opadami deszczu (konieczność dosuszania ziarna, pogorszenia jakości na skutek porażenia grzybami, porastanie w kłosach itp.). Nie zebrane na czas ziarno traci na wartości, co nie gwarantuje opłacalności uprawy.

Z powyższych względów minimalna wydajność kombajnu powinna być na tyle wysoka, aby można było zdążyć ze zbiorem zbóż z areалу A w sezonie agrotechnicznym liczącym 10-14 dni:

$$W_{07} \geq \frac{A}{L_Z} \left[\frac{\text{ha}}{\text{godz}} \right]$$

gdzie:

W_{07} – wydajność eksploatacyjna kombajnu, ha/godz.,

A – powierzchnia zasiewów zbóż i rzepaku, ha/sezon,

L_Z – maksymalna liczba godzin pracy kombajnu w okresie agrotechnicznym, godz./sezon.

Przy czym L_Z określa także wykorzystanie kombajnu W_R (godz./rok) w okresie L_D okresu agrotechnicznego. Jeśli przyjmiemy wyższą wydajność kombajnu, wówczas skróci się czas zbioru zboża z powierzchni A, ale równocześnie kombajn będzie mniej wykorzystany.

PRZYKŁAD nr 1:

Wyznaczenie racjonalnego wykorzystania kombajnu o określonej wydajności eksploatacyjnej W_{07} (ha/godz.).

Wydajność godzinowa kombajnu wynosi 0,8-1,0 ha/godz. (średnio 0,9 ha/godz.), w zależności od plonu ziarna (6-7 t/ha). Tak więc minimalna powierzchnia wykorzystania kombajnu zbożowego, która zapewnia opłacalność zbioru zboża wyniesie:

$$W_{R[HA]} = A = L_Z \cdot W_{07} = 100 \text{ godz} \cdot 0,9 \frac{\text{ha}}{\text{godz}} = 90 \frac{\text{ha}}{\text{rok}}$$

gdzie:

$W_{R[HA]}$ – powierzchnia wykorzystania kombajnu, ha/rok.

Oznacza to wykorzystanie kombajnu przez około 100 godz./rok. Aby przy powyższej intensywności użytkowania zapewnić pełne wykorzystanie zdolności przerobowej kombajn powinien być użytkowany przez okres:

$$T = \frac{T_H}{W_R} = \frac{3000}{100} = 30$$

gdzie:

T_H – potencjał eksploatacyjny, który dla kombajnów zbożowych wynosi 3000 godzin.

Z drugiej strony, z uwagi na tempo postępu technicznego, za racjonalne uznaje się takie użytkowanie kombajnu, aby jego zdolność przerobowa została wykorzystana w możliwie krótkim okresie, np. 10-15 lat, dla którego roczne wykorzystanie maszyny powinno wynosić 200-300 $\frac{\text{godz}}{\text{rok}}$.

W firmach usługowych przyjmuje się nawet szybsze tempo amortyzowania (5-6 lat), przy

wykorzystaniu 400-800 $\frac{godz}{rok}$, a dość często więcej.

W świetle powyższej analizy możemy stwierdzić, że przy zakupie kombajnu do gospodarstwa należy tak dobrać wydajność tej maszyny, aby czas zbioru zbóż i rzepaku nie przekroczył 10- 12 dni. Jedyne straty z jakimi można się wówczas liczyć to straty ziarna spowodowane osypywaniem się dojrzałego ziarna przy zbyt długim przedłużaniu żniw.

Agrotechnicznym kryterium doboru kombajnu jest ograniczony, nieprzekraczalny okres żniw, który powinien zamknąć się w 10-14 dniach. Podobne kryteria zostały przyjęte także dla pozostałych ważniejszych rodzajów prac polowych w uprawie innych roślin, chociaż w ich przypadku ewentualne konsekwencje przekroczenia terminu wykonania prac nie są aż tak znaczące jak dla kombajnów zbożowych.

Sposób oceny racjonalności, czyli: Jakie zastosować założenia przy ocenie racjonalności zakupu kombajnów i innych maszyn w programie PS WPR 2023-2027.

Zadaniem pracownika ARiMR jest ocena, na podstawie dostępnych danych (wniosek, normatywy, wskaźniki) i przeprowadzonej analizy (metoda oceny), czy maszyna, o której dofinansowanie występuje beneficjent programu, będzie racjonalnie użytkowana. Racjonalnie, oznacza z jednej strony intensywne wykorzystanie maszyny, które jest gwarantem jej użytkowania przy możliwie niskich kosztach eksploatacji. Z drugiej strony należy pamiętać, że eksploatacyjna racjonalność użytkowania maszyny, nie zawsze pokrywa się z racjonalnością procesu produkcyjnego, w którym ta maszyna ma zastosowanie. Dążąc do możliwie pełnego wykorzystania zdolności przerobowej maszyny, nie można zapomnieć, że istotnym czynnikiem wpływającym na zasadność zakupu maszyny o określonej wydajności i potencjale eksploatacyjnym są także wymagania (długość okresów agrotechnicznych) poszczególnych technologii produkcji roślinnej. O racjonalności zakupu i użytkowania maszyny przesądza więc bilans kosztów zastosowanej maszyny oraz jej wpływu na efekt produkcyjny.

Dane do oceny

Typ maszyny i jej podstawowe parametry eksploatacyjne (moc, szerokość robocza, wydajność), np. kombajn zbożowy o wydajności $W_{07} = 0,9$ ha/godz. Wydajność kombajnu należy przyjąć w miarę możliwości odpowiednio do wielkości pola, plonu i rodzaju zbieranej kombajnem rośliny. Powierzchnia upraw zbóż i roślin technologicznie podobnych (np. rzepak) w gospodarstwie beneficjenta programu. Należy wziąć pod uwagę aktualną i docelową powierzchnię uprawy, a do obliczeń przyjąć wartość średnią lub maksymalną z podanych, z uwzględnieniem pewnej zmienności $\pm 10\%$ areалу uprawy w kolejnych latach (w stosunku do podanej we wniosku), co wynika z zasady stosowania płodozmianu i różnej wielkości pól w obrębie gospodarstwa.

Tok postępowania

Ocena potencjalnego wykorzystania kombajnu w gospodarstwie na podstawie danych zawartych we wniosku:

powierzchnia wykorzystania kombajnu w sezonie (roku) równa powierzchni zasiewów zbóż, rzepaku i roślin o podobnej technice zbioru:

$W_{R[HA]} = A = 80$ ha/rok

wykorzystanie (ilość pracy) kombajnu w godz.:

$$W_R = \frac{A}{W_{07}} = \frac{80}{0,9} = 89 \left[\frac{godz}{rok} \right]$$

Obliczenie wykorzystania normatywnego W_R^N

Dane do obliczeń:

potencjał eksploatacyjny nowej maszyny, wyrażony w godzinach – T_H (godz.) lub w hektarach pracy – T_{HA} (ha). Jest to parametr charakterystyczny dla danego rodzaju maszyn. Jego wartość jest także zależna od rozwiązań konstrukcyjnych, jakości wykonania, producenta, a więc marki. Potencjał eksploatacyjny kombajnów zbożowych wynosi około 3000 godz. zalecany (nie dłuższy niż) okres eksploatacji maszyny T od momentu zakupu aż do pełnego jej zużycia, tzn. wyczerpania potencjału (technicznego zasobu pracy) - około 15-20 lat.

Obliczenia:

$$W_R^N = \frac{T_H}{T} = \frac{3000}{15} = 200 \left[\frac{\text{godz}}{\text{rok}} \right]$$

$$W_{R[HA]}^N = W_R^N \cdot W_{07} = 200 \cdot 0,9 = 180 \frac{\text{ha}}{\text{rok}}$$

Sprawdzenie warunku intensywności użytkowania:

$$W_R \geq W_R^N$$

czyli porównanie potencjalnego wykorzystania kombajnu $W_R = 89 \left[\frac{\text{godz}}{\text{rok}} \right]$ z wykorzystaniem normatywnym $W_R^N = 180 \left[\frac{\text{godz}}{\text{rok}} \right]$. Z powyższych przykładowych danych wynika, że wykorzystanie kombajnu w gospodarstwie W_R jest mniejsze od wykorzystania normatywnego W_R^N aż o 91 $\left[\frac{\text{godz}}{\text{rok}} \right]$, tj. o 50 %.

Wniosek – ocena

Z porównania potencjalnego wykorzystania W_R kombajnu z zalecanym dla tego rodzaju maszyn wykorzystaniem normatywnym W_R^N wynika, że kombajn nie będzie dostatecznie intensywnie wykorzystany (W_R jest mniejsze od W_R^N o 50%), w związku z czym należy negatywnie zaopiniować wniosek o dofinansowanie jego zakupu.

W tym przypadku można zaproponować wnioskodawcy (rolnikowi) rozwiązanie alternatywne – zakup mniej wydajnego kombajnu.

Dobór kombajnu zbożowego o wydajności dostosowanej do skali produkcji

Jeżeli wnioskodawca zdecydowałby się na zakup kombajnu o mniejszej wydajności, miałby wówczas, możliwość spełnienia warunku $W_R \geq W_R^N$. W tym celu należy wyznaczyć tę wydajność według poniższego wzoru:

$$W_{07} = \frac{A \cdot T}{T_H}$$

$$\text{dla } T = 20 \text{ lat} \Rightarrow W_{07} = 80 \cdot 20 / 3000 = 0,53 \text{ ha/godz.}; \quad W_R = 150 \left[\frac{\text{godz}}{\text{rok}} \right] = 80 \text{ ha/rok}$$

$$\text{dla } T = 25 \text{ lat} \Rightarrow W_{07} = 80 \cdot 25 / 3000 = 0,67 \text{ ha/godz.}; \quad W_R = 120 \left[\frac{\text{godz}}{\text{rok}} \right] = 80 \text{ ha/rok}$$

$$\text{dla } T = 30 \text{ lat} \Rightarrow W_{07} = 80 \cdot 30 / 3000 = 0,80 \text{ ha/godz.}; \quad W_R = 100 \left[\frac{\text{godz}}{\text{rok}} \right] = 80 \text{ ha/rok}$$

Z powyższych obliczeń wynika, że w zależności od przyjętego okresu eksploatacji T (20, 25 lub 30 lat) wydajność kombajnu powinna wynosić odpowiednio 0,53, 0,67 lub 0,80 ha/godz.

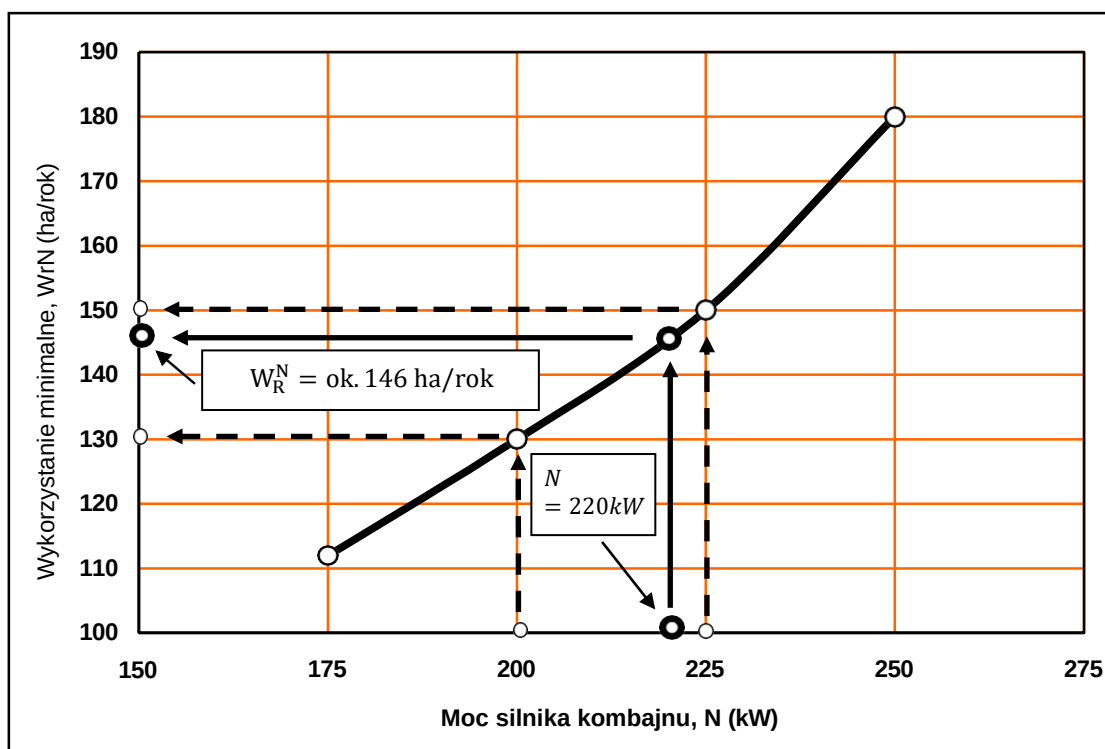
PRZYKŁAD nr 2:

Rolnik zamierza nabyć kombajn o mocy silnika $N = 220 \text{ kW}$ (300KM). Należy wyznaczyć takie minimalne wykorzystanie W_R^N (ha/rok) tego kombajnu, aby jego użytkowanie było uzasadnione z punktu widzenia działań inwestycyjnych PS WPR 2023-2027.

a. Metoda przybliżona (szacunkowa)

W przypadku, gdy w tabeli 2 nie znajdujemy wskaźników doboru kombajnu o określonej mocy silnika N (kW/KM), wówczas orientacyjną wartość minimalnego wykorzystania W_R^N (ha/rok) tego kombajnu szacujemy na podstawie wskaźników doboru kombajnów o mocy bezpośrednio niższej i wyższej. Z tabeli 2 wynika, że będą to maszyny z silnikami o mocy $N(1) = 200 \text{ kW}$ (300KM) i $N(2) = 225 \text{ kW}$ (306KM), o wykorzystaniu odpowiednio $W_R^N(1) = 130 \text{ ha/rok}$ oraz $W_R^N(2) = 150 \text{ ha/rok}$. W związku z powyższym minimalne wykorzystanie W_R^N kombajnu o mocy silnika $N = 220 \text{ kW}$ (300KM) będzie się zawierało pomiędzy tymi wartościami ($130 \div 150 \text{ ha/rok}$) i będzie zbliżone do większej z podanych wartości.

W celu oszacowania przybliżonej wartości minimalnego wykorzystania kombajnu możemy się także posłużyć metodą graficzną – rys.1.



Rys. 1. Graficzne wyznaczenie minimalnego wykorzystania W_R^N kombajnu w zależności od mocy silnika [MUZALEWSKI 2010]

b. Metoda obliczeniowa

Aby wyznaczyć dokładną wartość minimalnego wykorzystania W_R^N (ha/rok) kombajnu o mocy silnika $N = 220$ kW stosujemy poniższe równanie:

$$W_R^N = W_{R(1)}^N \frac{[N - N_{(1)}][W_{R(2)}^N - W_{R(1)}^N]}{N_2 - N_1}$$

gdzie:

W_R^N – minimalne wykorzystanie nabywanego kombajnu, ha/rok,

N – moc silnika kombajnu, dla którego wyznaczane jest W_R^N , kW,

$N_{(1)}$ – moc silnika kombajnu z tabeli 2 o najbliższej mniejszej wartości niż moc N , kW,

$N_{(2)}$ – moc silnika kombajnu z tabeli 2 o najbliższej większej wartości niż moc N , kW,

$W_{R(1)}^N$ – minimalne wykorzystanie kombajnu o mocy $N_{(1)}$, ha/rok,

$W_{R(2)}^N$ – minimalne wykorzystanie kombajnu o mocy $N_{(2)}$, ha/rok.

Według tabeli 2 dla kombajnu o mocy $N = 220$ kW powyższe wielkości mają wartość:

- $N_{(1)} = 200$ kW,

- $N_{(2)} = 225$ kW,

- $W_{R(1)}^N = 133$ ha/rok,

- $W_{R(2)}^N = 150$ ha/rok.

Podstawiając powyższe wartości do wzoru otrzymujemy:

$$W_R^N = 130 \frac{[220 - 200][150 - 130]}{225 - 200} = 146$$

Obliczone, tzw. „podstawowe” minimalne wykorzystanie kombajnu o mocy silnika 220 kW powinno wynosić $W_R^N = 146$ ha/rok. Natomiast po uwzględnieniu standardowej 20% tolerancji to wykorzystanie będzie wynosiło:

$$W_R^N = 146 \cdot 0,8 = 116,8 \frac{\text{ha}}{\text{rok}}$$

W przypadku kombajnu wyposażonego w szarpacz słomy (łączna tolerancja = 25%) jego minimalne wykorzystanie będzie wynosiło:

$$W_R^N = 146 \cdot 0,75 = 109,5 \text{ ha/rok}$$

Natomiast w przypadku gospodarstwa z 20-procentowym lub większym udziałem kukurydzy na ziarno w strukturze ogółu zasiewów zbóż i roślin technologiczne podobnych (tolerancja dodatkowa = 5%) i użytkowania kombajnu z szarpaczem słomy (tolerancja = 25%), łączna tolerancja oceny doboru wyniesie 30%, a minimalne wykorzystanie kombajnu o mocy silnika $N = 220$ kW będzie wynosiło:

$$W_R^N = 146 \cdot 0,70 = 102,2 \text{ ha/rok}$$

PRZYKŁAD nr 3:

Gospodarstwo dysponuje 95 ha zbóż i zamierza dokonać zakupu kombajnu w ramach działania

modernizacji gospodarstwa rolnego. Podczas zbioru zbóż większość wymłacanej słomy będzie rozdrabniana zamontowanym w kombajnie szarpaczem i pozostawiana na polu celem jej przyorania.

Należy uzyskać odpowiedź na pytanie:

Jaka może być maksymalna moc N (kW) tego kombajnu, aby jego zakup był uzasadniony z punktu widzenia kryteriów działania inwestycyjnych PS WPR 2023-2027

Rozwiązanie - krok 1

Posiadany w gospodarstwie areał $A = 95$ ha zbóż wyznacza minimalną powierzchnię wykorzystania nabywanego kombajnu o szukanej mocy N . Ponieważ kombajn jest wyposażony w szarpacz słomy, dlatego przy jego doborze uwzględniana jest my łączna 25% korekta wykorzystania (korekta wynikająca z zastosowania szarpacza słomy). To wykorzystanie oznaczamy jako W_R^N (-25%) i przyjmujemy, że powinno ono być równe powierzchni zbioru zbóż $A = 95$ ha. Wykorzystanie W_R^N (-25%) jest o 25% mniejsze od wykorzystania podstawowego W_R^N , którego wartość obliczamy z poniższego równania:

$$W_R^N = \frac{\frac{W_{R(-25\%)}^N}{100-25}}{100} = \frac{95}{0,75} = 126,7 \text{ ha/rok}$$

W związku z powyższym dla kombajnu o mocy N (kW) wartość podstawowego wykorzystania minimalnego (bez uwzględnienia 25% tolerancji) powinna wynosić $W_R^N = 126,7$ ha/rok.

Rozwiązanie - Krok 2

Dla wyznaczonego powyżej wykorzystania minimalnego $W_R^N = 126,7$ ha/rok określamy, na podstawie tabeli 2, analogiczne wielkości jak w przykładzie nr 3, tj.:

$W_R^{N(1)}$ – minimalne wykorzystanie kombajnu o najbliższej mniejszej wartości niż wyznaczona powyżej wartość W_R^N , ha/rok,

$W_R^{N(2)}$ – minimalne wykorzystanie kombajnu o najbliższej większej wartości od wyznaczonej powyżej wartości W_R^N , ha/rok,

$N_{(1)}$ – moc silnika kombajnu odpowiadająca wykorzystaniu $W_R^{N(1)}$, kW,

$N_{(2)}$ – moc silnika kombajnu odpowiadająca wykorzystaniu $W_R^{N(2)}$, kW.

Z tabeli 2 wynika, że dla $W_R^N = 126,67$ ha/rok powyższe wielkości mają wartość:

- $W_R^{N(1)} = 112$ ha /rok,
- $W_R^{N(2)} = 130$ ha/rok,
- $N_{(1)} = 175$ kW,
- $N_{(2)} = 200$ kW.

W celu określenia maksymalnej mocy N (kW) kombajnu, którego podstawowe minimalne wykorzystanie wynosi $W_R^N = 126,7$ (ha/rok), a wykorzystanie z 25% tolerancją jest równe $W_R^{N(-25\%)} = 95$ ha/rok, stosujemy poniższe równanie:

$$N = N_{(1)} + \frac{[W_R^N - W_R^{N(1)}] \cdot [N_{(2)} - N_{(1)}]}{W_R^{N(2)} - W_R^{N(1)}}$$

Podstawiając odpowiednie wartości do wzoru otrzymujemy:

$$N = 175 + \frac{[126,7 - 112] \cdot [200 - 175]}{130 - 112} = 195,4 \text{ kW}$$

Tabela 2 Wskaźniki wykorzystania kombajnów do zbioru zbóż

Moc silnika	Zespół żniwny (heder)*	Minimalne wykorzystanie w roku WR^N	Okres eksploatacji T	Potencjał eksploatacyjny T_H	Współczynnik korekcyjny k	Wydajność eksploatacyjna W_{07}
kW	m	ha/rok	lata	h	-	ha/h
115	4,1-5,0	71	25	3000	0,6	0,98
125	4,1-5,0	78	25			1,08
150	4,6-5,6	94	25			1,31
175	5,0-6,3	112	25		0,61-0,63	1,53
200	5,4-6,9	130	25			1,74
225	5,9-7,5	150	24			1,89
250	6,3-8,2	180	22		0,65-0,70	2,03
275	6,8-8,8	233	22			2,50
300	7,2-9,5	300	21			3,00
325	7,7-10,1	366	20			3,50
350	8,1-10,7	433	20		0,72-0,75	4,00
375	8,5-11,4	500	20			4,50
400	9,0-12,0	566	20			5,00

* wielkości orientacyjne - szerokość zespołu żniwnego nie stanowi kryterium oceny doboru kombajnów do zbioru zbóż.

Źródło: MUZALEWSKI 2015 – Zasady doboru maszyn rolniczych w ramach PROW na lata 2014-2020

Kryterium oceny: Minimalne wykorzystanie w roku WR^N (hektarów na rok) równe powierzchni zbioru zbóż i roślin technologicznie podobnych (rzepak, kukurydza na ziarno itp.), z uwzględnieniem tolerancji oceny.

Tolerancja oceny: Przy doborze kombajnów do zbioru zbóż stosuje się jeden z czterech niżej wymienionych rodzajów tolerancji oceny:

- 20% - tolerancja standardowa,
- 25% - kombajn z szarpaczem (rozdrabniaczem) słomy,
- 30% - zbiór zbóż w terenie pofałdowanym,
- 35% - zbiór zbóż w terenie podgórskim.

Ponadto, każdą z ww. tolerancji należy zwiększyć o dodatkowe 5 punktów procentowych w przypadku, gdy udział uprawy kukurydzy na ziarno, w strukturze ogółu zasiewów zbóż i roślin technologicznie podobnych, wynosi co najmniej 20%.

Wydajność pracy kombajnu o określonej mocy silnika i rozwiązaniach zespołów roboczych jest wielkością zmienną, zależną od szeregu różnych czynników, w tym między innymi od: gatunku i plonu zbieranych zbóż i roślin technologicznie podobnych oraz od wielkości pól. Wpływ typowej zmienności powyższych i innych czynników na wydajność eksploatacyjną kombajnów, a w konsekwencji na wskaźniki **WR^N** minimalnego wykorzystania tych maszyn, uwzględnia standardowa 20% tolerancja oceny doboru kombajnu do gospodarstwa o określonym areale zbóż i roślin technologicznie podobnych.

4. Metody i wskaźniki oceny doboru wybranych środków transportowych

4.1. Ciągniki rolnicze

Technologiczna metoda doboru ciągników do gospodarstwa rolnego

Dokładne zaplanowanie liczby i mocy ciągników do gospodarstwa rolnego, o określonym areale użytków rolnych oraz kierunku i strukturze produkcji, wymaga szczegółowej analizy prowadzonych w gospodarstwie działalności produkcyjnych. Jest to metoda polegająca na opracowaniu szczegółowych kart technologicznych dla każdej z działalności, z uwzględnieniem wszystkich realizowanych czynności. W karcie podaje się między innymi sposoby wykonania poszczególnych czynności, liczbę dni i godzin dyspozycyjnych zależną od wymagań poszczególnych roślin uprawnych, liczbę i rodzaj zastosowanych agregatów ciągnikowo-maszynowych, ich wydajność itp. Na podstawie tak szczegółowych danych określa się nakłady pracy osób, ciągników i maszyn w kolejnych dekadach. Z zestawienia nakładów pracy z każdej działalności ustala się zapotrzebowanie na łączną liczbę ciągników według kategorii mocy (lub klas siły uciągu) oraz liczbę poszczególnych rodzajów maszyn i narzędzi. W przypadku spiętrzenia prac, powodującego wystąpienie nadmiernego zapotrzebowania na ciągniki oraz siłę roboczą w krótkich przedziałach czasu, konieczna jest dodatkowa korekta projektu. Polega ona na zamianie wybranych maszyn na bardziej wydajne oraz na zastosowaniu ciągników o większej mocy lub w większej ich liczbie. Pozostaje także możliwość usługowego wykonania wybranych prac maszynowych bądź skorzystanie z pomocy sąsiedzkiej.

Oprócz produkcji roślinnej, karty takie należy także sporządzić dla działalności związanej z obsługą produkcji zwierzęcej. Konieczne jest także uwzględnienie zaangażowania ciągników w prace ogólnogospodarczych, obejmujących między innymi zaopatrzenie w środki produkcji i zbyt produktów rolnych oraz prace podwórzowe. Istotny wpływ na racjonalność doboru ciągników do gospodarstwa ma również wspomniany wyżej najem usług maszynowych oraz zakres usług świadczonych przez gospodarstwo własnymi środkami mechanizacji. Ponadto, należy pamiętać o cyklicznej, corocznej zmienności zapotrzebowania gospodarstwa na pracę środków mechanizacji. Jest ono powodowane pewnym zróżnicowaniem struktury upraw w poszczególnych latach. To zróżnicowanie najczęściej wynika z zasady stosowania płodozmianu i związanej z nią rotacją upraw poszczególnych roślin pomiędzy polami o niejednakowej wielkości, względnie jest powodowane czynnikami koniunkturalnymi.

W końcowym etapie planowania wyposażenia gospodarstwa w środki mechanizacji celowe jest także przyjęcie 10-20% ich nadwyżki, w tym również mocy i liczby ciągników, po to, aby zapewnić terminową realizację prac polowych w przypadku wystąpienia niekorzystnych warunków atmosferycznych.

Zastosowanie powyższej, technologicznej metody doboru ciągników do gospodarstwa daje możliwość precyzyjnego określenia nie tylko potrzebnej ich liczby i mocy, ale także oszacowania przybliżonego ich wykorzystania w warunkach konkretnego gospodarstwa. Taki sposób doboru środków mechanizacji jest przydatny zwłaszcza przy urządzaniu nowych gospodarstw (od podstaw). Bywa on również stosowany przy planowaniu modernizacji gospodarstw, w tym związanej ze zmianą profilu lub skali produkcji.

Pomimo swej dokładności, powyższa metoda nie wydaje się jednak właściwa do zastosowania przez pracowników ARiMR przy ocenie wniosków o dofinansowanie zakupu ciągników i maszyn w ramach poszczególnych operacji PS WPR 2023-2027. Jest ona zbyt pracochłonna, a dodatkowo wymaga dużego doświadczenia z zakresu organizacji gospodarstw i technologii produkcji rolniczej oraz dobrej znajomości miejscowych warunków.

Wskaźnikowa metoda doboru ciągników do gospodarstwa rolnego

Z powyższych względów w ramach poszczególnych inwestycji PS WPR 2023-2027 do oceny racjonalności zakupu i użytkowania ciągników rolniczych proponuje się metodę wskaźnikową. Polega ona na porównaniu osiągniętego w ramach modernizacji gospodarstwa poziomu wyposażenia w ciągniki z określonymi, dla danej grupy obszarowej gospodarstw, wskaźnikami stanowiącymi kryterium tej oceny.

Przyjęte w niniejszym opracowaniu do porównań i oceny wskaźniki wyposażenia gospodarstw w ciągniki rolnicze opracowano na podstawie analizy danych Powszechnych Spisów Rolnych (PSR) z 2010 r. [GUS 2011, 2012], z uwzględnieniem wyników badań IBMER/ITP-PIB, a także analiz i ocen ekspertów [MUZALEWSKI 2014].

Z analizy danych statystycznych PSR 2002 i PSR 2010 i PSR 2020 oraz badań IBMER/ITP-PIB wynika, że w polskim rolnictwie istnieje duże zróżnicowanie w wyposażeniu w ciągniki i to zarówno w przeliczeniu na 100 gospodarstw, jak i na 100 ha użytków rolnych. Ta zmienność ma wyraźny związek z terytorialnym rozkładem gospodarstw według ich średniego areалу [MUZALEWSKI 2014]. Powyższe analizy wskazują, że liczba ciągników znajdujących się na wyposażeniu poszczególnych gospodarstw zależy przede wszystkim od areálu posiadanych przez te gospodarstwa użytków rolnych. Również wyrażone w kilowatogodzinach (kWh) nakłady pracy ciągników (kWh/gospodarstwo) są dodatnio skorelowane z arealem gospodarstw.

Poziom tych nakładów jest wypadkową liczby ciągników oraz ich mocy i stopnia zaangażowania w działalność rolniczej.

Zaznacza się także wyraźnie tendencja wzrostu średniej mocy ciągników (kW/ciągnik) oraz ich łącznej mocy (kW/gospodarstwo) wraz ze zwiększeniem areálu gospodarstw [MUZALEWSKI 2014]. Natomiast wyrażone w kW/ha nasycenie mocą ciągników wyraźnie maleje w miarę wzrostu powierzchni poszczególnych gospodarstw.

Spośród wyżej wymienionych, do oceny racjonalności doboru ciągników do gospodarstw rolnych, proponuje się następujące rodzaje wskaźników:

- nasycenie gospodarstwa mocą ciągników, kW/ha UR (KM/ha UR),
- łączna moc ciągników w gospodarstwie, kW/gospodarstwo (KM/gospodarstwo),
- liczba ciągników, sztuk/gospodarstwo,
- maksymalna moc pojedynczego ciągnika w gospodarstwie, kW/ciągnik.

Należy jednak podkreślić, że są to wielkości przeciętne, które nie odzwierciedlają rzeczywistego rozrzutu wartości tych wskaźników w poszczególnych grupach gospodarstw. Potwierdzają to między innymi badania IBMER/ITP-PIB, z których wynika, że w gospodarstwach o podobnym areale użytków rolnych występuje dość duże zróżnicowanie zarówno liczby posiadanych ciągników, jak również ich mocy. Jest to spowodowane między innymi różną siłą ekonomiczną poszczególnych gospodarstw, poziomem ich rozwoju, w tym poziomem mechanizacji prac rolnych, preferowaną formą mechanizacji (np. najem lub świadczenie usług maszynowych),

kierunkiem i intensywnością produkcji itp.

Pomimo tych zastrzeżeń, zaproponowana wyżej grupa wskaźników wydaje się najbardziej użyteczna, a zarazem prosta w zastosowaniu do oceny racjonalności projektów obejmujących zakup ciągników. Przyjęcie tego rodzaju wskaźników do oceny wyposażenia gospodarstw w ciągniki powinno umożliwić pracownikom ARiMR identyfikację tych przypadków, które znacząco odstają od przeciętnych w danej grupie obszarowej gospodarstw, czy też w danym regionie.

Dokonując doboru ciągników do gospodarstwa i oceniając ten dobór, należy mieć także na uwadze możliwości jego dalszego rozwoju. Dla większości producentów rolnych zakup ciągnika to inwestycja, którą trudno będzie powtórzyć za kilka lat, z uwagi na kwotę angażowanych w to przedsięwzięcie środków finansowych. Jest to więc inwestycja perspektywiczna, która musi uwzględniać dalszy rozwój gospodarstwa. Przewidywana modernizacja gospodarstwa, obejmująca na przykład: powiększenie obszaru gospodarstwa, względnie zmianę profilu produkcji lub zwiększenie jej intensywności, nie będzie najczęściej możliwa bez posiadania odpowiednio liczego i wydajnego parku ciągnikowego. Z powyższych względów proponuje się, aby przy ocenie doboru ciągników w poszczególnych operacjach PS WPR 2023-2027 uwzględnić około 10-20% nadwyżkę mocy ciągników w stosunku do aktualnych potrzeb gospodarstwa.

5. Kryteria oceny doboru ciągników rolniczych

5.1. Wskaźniki doboru ciągników rolniczych

Na podstawie przeprowadzonej analizy i wyników badań proponujemy, aby do podstawowej oceny wniosków o dofinansowanie zakupu ciągników zamieszczony w tabeli 3 zestaw wskaźników racjonalnego wyposażenia gospodarstw w ciągniki rolnicze. Wartości tych wskaźników powinny stanowić punkt odniesienia do oceny racjonalności zakupu ciągników w projektach realizowanych w określonym regionie kraju.

W ocenie wyposażenia i doboru ciągników do gospodarstw o powierzchni do 100 ha, w tym w ocenie wartości wskaźników nasycenia gospodarstwa mocą ciągników, nie należy uwzględniać pojazdów w wieku 15 i więcej lat (z uwagi na stopień ich zużycia). W przypadku gospodarstw bardzo dużych, do 250 ha, powyższą granicę proponujemy obniżyć do 10 lat, a w przypadku gospodarstw największych, powyżej 250 ha - do 7-8 lat.

Tabela 3 Wskaźniki wyposażenia gospodarstw w ciągniki w zależności od areалу użytków rolnych (UR)

Grupy gospodarstw	Wskaźniki podstawowe				Wskaźniki pomocnicze**		
	Wskaźniki nasycenia gospodarstwa mocą ciągników *				Liczba ciągników w gospodarstwie	Maksymalna moc podstawowego ciągnika *	
ha UR	kW/ha UR	KM/ha UR	kW/gosp.	KM/gosp	szt./gosp.	kW	KM
5	7,8	10,5	39	53	1	38,8	53
7,5	6,5	8,8	48	66	1	48,4	66
10	6,0	8,1	59	81	1-2	59,5	81
15	5,5	7,4	82	111	1-2	61	83
20	5,2	7,0	103	140	1-2	63	86
25	4,9	6,6	121	165	2-3	65	88
30	4,5	6,2	136	186	2-3	67	91
35	4,3	5,9	150	205	2-3	69	94
40	4,1	5,5	163	221	2-3	72	98
45	3,8	5,2	172	234	3-4	76	103
50	3,6	4,9	180	245	3-4	80	109
60	3,3	4,5	197	268	3-4	86	117
70	3,0	4,1	215	292	3-4	93	126
80	2,8	3,9	227	309	3-5	100	136
90	2,6	3,6	236	321	4-5	106	144
100	2,4	3,3	242	329	4-5	112	152
125	2,2	2,9	267	364	4-5	128	174
150	2,0	2,7	294	400	4-6	140	190
200	1,7	2,4	344	468	5-6	160	218
300	1,5	2,0	444	604	5-6	195	265
400	1,3	1,8	532	724	5-6	> 200	>272
500	1,2	1,6	590	802	5-7		
600	1,1	1,5	654	889	7-8		
700	1,1	1,4	735	1000	7-8		
800	1,1	1,4	808	1100	9-10		
900	1,0	1,3	873	1187	9-10		
1000	1,0	1,2	900	1224	9-10		

* wg mocy znamionowej ciągników, ** wielkości orientacyjne

Kryterium oceny: Podstawowym kryterium oceny doboru ciągników do gospodarstwa jest wskaźnik nasycenia gospodarstwa mocą ciągników, wyrażony w kW/ha UR (KM/ha UR) lub w kW/gospodarstwo, z uwzględnieniem tolerancji oceny.

Wskaźnik maksymalnej mocy jednego ciągnika (kW/ciągnik; KM/ciągnik) stanowi kryterium pomocnicze, nieprzesadzające o racjonalności doboru tych pojazdów do gospodarstwa.

Natomiast wskaźnik liczby ciągników w gospodarstwie (szt./gosp.) pełni rolę informacyjną, wskazując na przeciętną liczbę ciągników w typowym, w danej grupie obszarowej, gospodarstwie rolnym.

Odstępstwa od w/w kryteriów oceny, w tym dotyczące mocy lub liczby ciągników, powinny być uzasadnione specyficznymi wymaganiami realizowanej produkcji. Przykładem mogą być technologie produkcji o wysokich wymaganiach dotyczących terminowości zbioru, które w konsekwencji mogą powodować konieczność zastosowania agregatów ciągnikowo-maszynowych o dużej wydajności lub większej liczby ciągników i zestawów transportowych (np. szybki zbiór i dostawa dużej partii młodych ziemniaków, warzyw lub innych produktów do odbiorcy hurtowego). W tych przypadkach racjonalność zakupu ciągnika powinna być uzasadniona wysokością potencjalnych strat z tytułu nieterminowego wykonania prac maszynowych lub potencjalną dochodowością uprawy danej rośliny.

Podczas analizy i oceny doboru ciągników do gospodarstwa, w tym zwłaszcza przy stosowaniu tolerancji oceny, należy zastosować podejście indywidualne, biorąc pod uwagę specyficzne uwarunkowania prowadzonej działalności rolniczej. Należy zwrócić uwagę, że podstawowy ciągnik w gospodarstwie powinien zapewnić możliwość pracy w najtrudniejszych warunkach glebowych z dostatecznie dużymi narzędziami uprawowymi, o wydajności dostosowanej do skali produkcji. Różnice w klasie uciągu podstawowego ciągnika pomiędzy gospodarstwami dysponującymi skrajnie różnymi glebami mogą być nawet dwukrotne.

Tolerancja oceny

Przy doborze ciągników do gospodarstwa stosuje się trzy rodzaje tolerancji oceny:

Tolerancja standardowa – do 25% (tabela 4),

która uwzględnia między innymi zróżnicowane warunki gospodarowania pomiędzy poszczególnymi jednostkami produkcyjnymi (głównie rodzaj gleb i ukształtowanie terenu, rzutujące na moc i siłę uciągu ciągników współpracujących zwłaszcza z narzędziami uprawowymi). Wartość standardowej tolerancji jest zróżnicowana w zależności od areалу gospodarstwa. Największą tolerancję oceny ($t = 25\%$) stosujemy w grupach gospodarstw do 30 ha UR, a najmniejszą ($t = 15\%$) w gospodarstwach o powierzchni powyżej 150 ha.

Tabela 4 Wartości tolerancji standardowej

Grupy gospodarstw	Tolerancja (t)	Mnożnik wskaźnika doboru
ha UR	%	
< 30	25	1,25
30 < 70	20	1,20
70 < 150	17	1,17
> 150	15	1,15

Tolerancja dodatkowa – do 30% (tabela 5),
uwzględnia wpływ średniej odległości działek rolnych od siedliska gospodarstwa na wydajność eksploatacyjną agregatów ciągnikowo-maszynowych, a w konsekwencji na niezbędną moc ciągników.

Tabela 5 Wartości tolerancji dodatkowej

	Średnia odległość działek od siedliska*	Tolerancja (t)	Mnożnik wskaźnika doboru
	km	%	
Powyżej	3	5	1,05
	4	5	1,05
	5	5	1,05
	6	8	1,08
	7	10	1,10
	8	10	1,10
	9	20	1,20
	10	30	1,30

* Średnia ważona odległość działek rolnych od siedliska

Tolerancja ze względu na obsadę zwierząt – do 15% (tabela 6),

Tabela 6 Wartości tolerancji „zwierzęcej”

Obsad zwierząt	Tolerancja (t)	Mnożnik wskaźnika doboru
SD*	%	
< 10	0	1,00
10 < 15	2	1,02
15 < 20	3	1,03
20 < 25	4	1,04
25 < 30	5	1,05
30 < 35	6	1,06
35 < 40	7	1,07
40 < 45	8	1,08
45 < 50	9	1,09
> 50	15	1,15

Uwaga: Ta tolerancja oceny jest stosowana jedynie w przypadku gospodarstw, które nie posiadają samobieżnej ładowarki

* SD – sztuki duże zwierząt gospodarskich

Tabela 7 Tolerancja oceny doboru ciągników:

Rodzaj tolerancji oceny	Wartość tolerancji, t (%)	Mnożnik wskaźnika doboru
Standardowa (dla 40 ha UR)	20%	1,20
Dodatkowa (dla 7,2 km)	10%	1,10
„Zwierzęca” (dla 25 SD)	5%	1,05
Łączna	35%	1,35

Tabela 8 Wskaźniki doboru ciągników:

Rodzaj wskaźnika		Podstawowa wartość wskaźnika (wg tab. 3)	Mnożnik wskaźnika (tolerancja)	Wartość wskaźnika z uwzględnieniem tolerancji
Nasycenie gospodarstwa mocą ciągników	kW/ha UR	4,07	1,35	5,49
	KM/ha UR	5,53		7,46
	kW/gospod.	162,8		219,78
	KM/gospod.	221,4		298,89

Uwagi dodatkowe

W gospodarstwach do 300 ha, które w dużej części są gospodarstwami rodzinnymi, korzystającymi z pomocy pracowników najemnych w ograniczonym zakresie, liczba ciągników nie powinna w większości przypadków przekraczać wartości podanych w tabeli 3.

Przy określaniu zapotrzebowania na ciągniki należy uwzględnić realne możliwości gospodarstwa w zakresie obsługi maszyn w okresie intensywnych prac polowych, z uwzględnieniem udziału członków rodziny, którzy często wspierają prace, mimo że formalnie nie są zatrudnieni.

W gospodarstwach o powierzchni powyżej 300 (500) ha wartości wskaźników wyposażenia w ciągniki rolnicze należy traktować z dużym marginesem tolerancji. Wynika to między innymi z istotnego związku pomiędzy kierunkiem i stosowanymi technologiami produkcji, organizacją gospodarstw i formą ich własności, a poziomem zmechanizowania, w tym z liczbą i mocą użytkowanych ciągników. Gospodarstwa o typowo zbożowym kierunku produkcji, stosujące uproszczone technologie uprawy i siewu, zwykle są wyposażone w mniejszą liczbę ciągników, ale o dużej mocy. W wielokierunkowych przedsiębiorstwach rolnych, w tym z produkcją zwierzęcą, liczba ciągników jest odpowiednio większa, z uwagi na zakres wykonywanych czynności produkcyjnych.

Zaproponowana metoda wskaźnikowej oceny doboru ciągników do gospodarstw jest znacznie łatwiejsza w zastosowaniu, ale też mniej dokładna niż metoda z wykorzystaniem kart technologicznych, a wynik tak przeprowadzonej oceny należy traktować z pewnym marginesem tolerancji (około 10-20%). Dlatego w przypadkach dyskusyjnych konieczne jest przeprowadzenie bardziej wnikliwej analizy wniosku o dofinansowanie zakupu ciągnika. W ramach tej analizy należy uwzględnić specyficzne potrzeby gospodarstw, z uwagi na liczbę i wydajności maszyn oraz moc współpracujących z nimi ciągników. Jak wcześniej stwierdzono, potrzeby te determinowane są indywidualnymi warunkami gospodarowania i specyfiką prowadzonej działalności, w tym przede wszystkim: żyznością gleby, rzeźbą terenu, warunkami agroklimatycznymi, rozłogiem

gospodarstwa oraz strukturą upraw i specjalizacją produkcji.

Na tym etapie szczegółowej analizy i oceny doboru ciągników do gospodarstw pomocne mogą być informacje zawarte w załączniku do niniejszego opracowania, w tym dotyczące zapotrzebowania na moc ciągników w ważniejszych pracach uprawowych w zależności od zwięzłości gleby oraz nakładów pracy ciągników w uprawie poszczególnych rodzajów roślin.

W trakcie oceny doboru ciągników do gospodarstwa należy między innymi zwrócić uwagę na strukturę użytków rolnych gospodarstwa oraz na strukturę zasiewów. Gospodarowanie na trwałych użytkach zielonych (łąki i pastwiska) zwykle nie wymaga znacznego nakładu pracy i mocy posiadanych ciągników. Natomiast duży udział okopowych w strukturze gruntów ornych oznacza, że w okresie jesiennych zbiorów gospodarstwo potrzebuje znacznego potencjału ciągników. Również gospodarstwa z dominującym udziałem zbóż, zwłaszcza ozimych, będą często wymagały ciągników o wyższej mocy, do współpracy z wydajnymi maszynami uprawowymi i agregatami uprawowo-siewnymi, po to, aby zdążyć na czas z późniejszym przygotowaniem roli do siewu i siewem ozimin.

Gospodarstwa hodowlane, a zwłaszcza prowadzące chów bydła mlecznego, o średniej lub dużej skali produkcji, wymagają najczęściej dodatkowego ciągnika o małej lub średniej mocy do prac związanych z codzienną obsługą stada – zbiór i transport zielonki, przygotowanie i zadawanie pasz objętościowych oraz słomy, usuwanie i przymywanie obornika itp.

Przy tym nie znajdzie uzasadnienia dofinansowanie zakupu bardzo dużego ciągnika (np. o mocy 110kW (150KM) przez gospodarstwo o małym lub średnim areale (np. do 30 ha), gdyż w większości typowych przypadków nie wymaga ono maszyn o tak znacznym zapotrzebowaniu na siłę uciągu. Oczywiście, że zawsze mogą być przypadki szczególne i odstępstwa od reguły, ale powinny one być uzasadnione specyficznymi wymaganiami realizowanej produkcji. Dotyczy to zwłaszcza produkcji nietypowej, niszowej, o wysokich wymaganiach na przykład co do czasu zbioru, które w konsekwencji mogą powodować konieczność zastosowania agregatów ciągnikowo-maszynowych o dużej wydajności (np. szybki zbiór i dostawa dużej partii ziemniaków jadalnych, warzyw lub innych produktów do odbiorcy hurtowego). W tych przypadkach racjonalność zakupu ciągnika powinna być uzasadniona wysokością potencjalnych strat z tytułu nieterminowego wykonania prac maszynowych lub potencjalną dochodowością uprawy danej rośliny.

Takie podejście do oceny projektów inwestycyjnych będzie wymagało od pracowników ARiMR wnikliwej analizy danych zawartych we wniosku o dofinansowanie zakupu ciągnika.

5.2.Ciągniki sadownicze

W przypadku gospodarstw sadowniczych lub warzywniczych liczbę, moc i typ ciągników należy dobrać do wykonywanych w tych gospodarstwach specyficznych prac i wysokich wymagań co do terminowości zabiegów agrotechnicznych. Dotyczy to zwłaszcza zabiegu chemicznej ochrony. Zwykle w sezonie agrotechnicznym opryskiwacze są na stałe zagregowane z ciągnikami, aby w razie wystąpienia zagrożenia natychmiast wykonać opryskiwanie drzew, bez konieczności pracochłonnego podłączania maszyny do ciągnika. Z uwagi na konieczność wykonania oprysku jednego gatunku w ciągu jednego dnia, liczbę niezbędnych zestawów (ciągnik + opryskiwacz) dobiera się do powierzchni sadu i wydajności oprysku. Najczęściej 1 zestaw wystarcza na 10-12 ha jednego gatunku drzew lub krzewów. Liczbę potrzebnych ciągników może także determinować

znaczna odległość (4-5 km) sadu lub kilku odrębnych sadów. W takim gospodarstwie drugi ciągnik jest zwykle niezbędny do szybkiej zwózki zebranych owoców w warunkach ryzyka wystąpienia przymrozków.

Do podstawowych zabiegów w produkcji owoców, przy których niezbędny jest ciągnik, należy pielęgnacja roślin i gleby, zabiegi ochrony przed chorobami i szkodnikami, nawożenie, zbiory i transport owoców. Najbardziej energochłonne maszyny w sadownictwie to opryskiwacze i kosiarko-rozdrabniacze, więc to one determinują dobór mocy ciągnika.

Do współpracy z opryskiwaczami zwieszanymi o pojemności 300-400 l konieczny jest ciągnik o mocy około 45 kW (61KM), a do maszyn o pojemności 600-800 l - ciągnik o mocy około 75 kW (102KM). Opryskiwacze zaczepiane (1000-2000 l) wymagają relatywnie mniejszych ciągników (35-45 kW – 48-61 KM). Do kosiarko-rozdrabniaczy sadowniczych o szerokości roboczej 1,6-3,0 m niezbędny jest ciągnik o mocy min 40 kW (54KM), a do sadowniczych rozdrabniaczy gałęzi o szerokości 1,5-1,8 m – ciągnik o mocy min 45 kW (61KM).

Ścieżki przejazdowe w sadach intensywnych i na plantacjach towarowych krzewów jagodowych narzucają konieczność użycia wąskich ciągników sadowniczych o szerokości 1,2 -1,5 m z małym promieniem skrętu [GAWORSKI 2010]. Do pracy w młodych sadach, bez trawiastej okrywy ścieżek przejazdowych, a także w sadach położonych na wzniesieniach, niezbędny jest ciągnik z przednim napędem. Zapotrzebowanie na moc do przetwarzania agregatów na terenach pochyłych jest znacznie zwiększone podczas jazdy pod górę. Należy o tym pamiętać przy doborze ciągnika do sadów położonych na zboczach. Większe ciągniki mogą być potrzebne sadownikom prowadzącym uprawy na zboczach i wzniesieniach, oraz tym, którzy transportują owoce podczas zbiorów przyczepami na większe odległości [GWARA 2014]. Ponadto konieczność wykonywania częstych zabiegów opryskiwania skłania sadowników do zakupu ciągników z klimatyzowaną, szczelną kabiną z filtrami powietrza.

Gospodarstwa z plantacjami krzewów i wiśni, na których planowany jest kombajnowy zbiór owoców, powinny mieć do dyspozycji ciągnik wyposażony w przekładnię z biegami pełzającymi, umożliwiającą mu ruch z prędkością około 1 km/godz. Podobne wymagania stawiane są także ciągnikom stosowanym w uprawach warzywniczych i ogrodniczych [SKUDLARSKI 2014]. Należy również pamiętać, że ciągniki zwężone są mniej stabilne i nie nadają się do celów transportowych na drogach publicznych, szczególnie z bardzo obciążonymi przyczepami.

5.3. Ciągniki na terenach górzystych

Gospodarka rolna na obszarach górskich i pogórskich różni się znacznie od tej prowadzonej na obszarach nizinnych. Występują tu liczne utrudnienia naturalne wpływające na rozwój rolnictwa, takie jak: znaczne deniwelacje terenu utrudniające uprawę oraz wywołujące procesy erozji, niekorzystne warunki klimatyczne, oraz ograniczenia natury organizacyjnej jak np. silne rozdrobnienie gospodarstw i działek, duży udział użytków zielonych w strukturze upraw [GUS 2013]. Nachylenie terenu oraz znaczna zawartość w glebie części szkieletowych (odłamków skał, kamieni) sprawia, że występują także znaczące ograniczenia w uprawie mechanicznej gleby oraz w stosowanych technologiach produkcji roślinnej i zwierzęcej.

Największe obszary na terenach górzystych zajmowane są przez gospodarstwa rolnicze w paśmie Karpat i Sudetów, a także w Górach Świętokrzyskich, w tym według danych PSR'2002, w województwie małopolskim (53% powierzchni użytków rolnych), dolnośląskim (19,5%)

i podkarpackim (19,0%). W 2010 r. powierzchnia ogólna przeciętnego gospodarstwa górskiego wynosiła zaledwie 5,63 ha, w tym powierzchnia użytków rolnych ok. 5,15 ha UR. Niemal na całym terytorium tych pasm górskich udział gospodarstw o powierzchni ogółem 20 ha i więcej jest mniejszy aniżeli 2,0% [GUS 2013]. Wyjątki w tym zakresie dotyczą głównie Beskidów Niskich i Bieszczad. Na tych terenach gospodarstwa posiadające grunty na 6 i więcej działkach stanowią ponad 1/4 ogółu (26,7%). W 2002 r. na obszarach górskich znajdowało się ponad 188 tys. gospodarstw, z których blisko 54 tys. (29%) posiadało ciągniki.

Ciągnik przeznaczony do pracy w terenach górskich powinien dysponować mocą o 35-50% większą niż ciągnik w analogicznym gospodarstwie położonym na terenach nizinnych. Podyktowane jest to koniecznością posiadania nadwyżki mocy z tytułu pracy w pochyłym terenie, a również ze względu na częstsze niż w pozostałych regionach kraju, występowanie gleb zwięzłych i zakamienionych, stawiających większy opór podczas wykonywania prac uprawowych.

Do zrealizowania pełnego zakresu prac wymaganych w typowym gospodarstwie górskim o areale do 5 ha wystarczają ciągniki o mocy silnika w zakresie 35-60 kW (48-82 KM). W tym miejscu należy podkreślić, że na terenach górskich rolnicy coraz częściej rezygnują z typowej uprawy gleby i roślin polowych na rzecz użytkowania łąk i pastwisk oraz hodowli zwierząt.

Na uciążliwość gospodarowania na terenach górskich wpływa także strukturalne rozdrobnienie i rozproszenie działek oraz utrudniona dostępność do nich. Powyższe czynniki ograniczają możliwości efektywnego i wydajnego użytkowania sprzętu rolniczego. Nadrzędnym kryterium wyboru maszynowego wyposażenia górskich technologii jest jednak bezpieczeństwo operatorów użytkowanego sprzętu. Eksploatowane w warunkach górskich ciągniki powinny charakteryzować się obniżonym środkiem ciężkości, niezawodnym sprzęgłem i układem hamulcowym oraz odpowiednio dobranym zapasem energii napędu. Stateczność tradycyjnych ciągników można poprawić, mocując dodatkowe obciążniki i zwiększając rozstaw kół.

Tradycyjny ciągnik powinien zachować stateczność na stoku o nachyleniu do 12°. Zadowalającą jakość zabiegów uprawowych, a zwłaszcza orki, można osiągnąć na polach leżących na zboczach o pochyleniu do 8°. Podczas tych prac trzeba się liczyć ze spadkiem wydajności o 11-38% w porównaniu z warunkami pracy agregatów ciągnikowo-uprawowych w terenie płaskim, a także ze wzrostem zużycia paliwa. Do pracy na bardziej stromych zboczach należy wybrać specjalistyczne ciągniki górskie, zwane samojezdnymi nośnikami góorskimi lub wielozadaniowymi transporterami rolniczymi. Umożliwiają one pracę na użytkach rolnych usytuowanych na zboczach o nachyleniu do 25-30°.

Podstawowym wymogiem trakcyjnym, stawianym ciągnikom i samobieżnym środkom energetycznym pracującym w terenach górzystych, jest napęd na dwie osie. Włączenie napędu przedniej osi zwiększa sprawność uciągu ciągników nawet powyżej 20%. Radykalnie skraca się też droga jego hamowania (nawet o 50%) i zwiększa manewrowość agregatów dzięki mniejszej średnicy zawracania.

Agregaty z napędem na dwie osie poruszają się po stokach trawiastych ze zmniejszonym poślizgiem kół, dzięki czemu zwiększa się przyczepność ciągnika do podłoża i zmniejsza ryzyko utraty przyczepności. Przedni napęd wpływa też znacząco na poprawę bezpieczeństwa pracy, zmniejszając ryzyko wywrotki ciągnika, zwłaszcza podczas jazdy z przyczepą w dół stoku.

6. Przyczepy rolnicze

6.1. Użytkowanie przyczep w gospodarstwach rolnych

Do sprawnego funkcjonowania rozwojowego gospodarstwa rolnego niezbędny jest nie tylko nowoczesny i wydajny park ciągnikowo-maszynowy, ale także odpowiednio dobrany zestaw środków przewozowych. Jest to szczególnie istotne np. w okresie żniw, a także zbioru okopowych i zielonek na kiszonkę, kiedy liczy się każda przyczepa do przewozu płodów rolnych z pola do gospodarstwa. Stosowane do tych prac maszyny, jak kombajny, samojezdne sieczkarnie polowe - to środki bardzo drogie, a koszty ich eksploatacji stosunkowo wysokie. Przestoje tych maszyn, powodowane brakiem odpowiedniej liczby środków przewozowych do odbioru zebranego materiału, wydłużają czas zbioru i zwiększają jego koszty. Konieczne jest zatem zapewnienie takiej liczby środków przewozowych, by droga maszyna zbierająca pracowała bez przestojów. Liczba ta zależy między innymi od wydajności zbioru, ładowności środków przewozowych, rodzaju zbieranego i transportowanego ładunku, wydajności urządzeń przeładunkowych w miejscu składowania oraz od odległości przejazdów.

W 2010 r. przyczepy rolnicze (ciągnikowe) posiadało tylko 340 tys. gospodarstw w liczbie 547 tys. szt. Wskaźnik liczby przyczep przypadających na każde gospodarstwo posiadające ten rodzaj środka transportowego wynosił przeciętnie 1,61, przy czym w gospodarstwach z grupy 20-30 ha – 1,99, a w grupie gospodarstw powyżej 100 ha - średnio 6,9 przyczep na gospodarstwo.

Mimo zauważalnego na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat postępu w zakresie wyposażenia gospodarstw w środki przewozowe, ich liczba jest w wielu gospodarstwach niewystarczająca, względnie są to przyczepy o znacznym stopniu zużycia, liczące 20 i więcej lat. Pewne uzupełnienie niedoboru przyczep transportowych w Polsce stanowią rozrzutniki obornika. Znajdują one zastosowanie zwłaszcza w mniejszych gospodarstwach do transportu np. bel słomy i siana, zielonek, okopowych. Liczba tych środków w przeliczeniu na 100 ciągników wynosiła w 2010 r. 33, a razem z przyczepami rolniczymi - 70.

W dobrze zorganizowanych i zmechanizowanych gospodarstwach na każdy użytkowany w nich ciągnik powinna przypadać 1 przyczepa rolnicza - uniwersalna lub wywrotka. Te gospodarstwa należą do grupy gospodarstw stabilnych ekonomicznie, w tym zwłaszcza o większym areale użytków rolnych.

W przypadku gospodarstw małoobszarowych zapewnienie we własnym zakresie odpowiedniej liczby przyczep transportowych jest z reguły niemożliwe. Pewnym rozwiązaniem jest powszechna współpraca sąsiedzka, obejmująca wzajemne wypożyczanie przyczep lub nawet zestawów transportowych (ciągnik z przyczepą) w okresach spiętrzenia prac przewozowych.

Współcześnie coraz większy zakres prac przewozowych związanych z zaopatrzeniem gospodarstwa w środki produkcji oraz z odbiorem zwierząt, mleka, ziarna, sadzeniaków, warzyw i owoców przejmują firmy zajmujące się skupem lub przetwórstwem produktów rolnych. W tych jednostkach przyczepy są wykorzystywane nawet powyżej tysiąca godzin rocznie. Natomiast dla gospodarstw rolnych przyczepy ciągnikowe są ważnymi, ale tylko uzupełniającymi środkami produkcji. Z tego względu możliwość intensywnego ich wykorzystania w typowym gospodarstwie jest znacznie ograniczona.

Wyniki badań IBMER/ITP-PIB z lat 2009-2010 (badania własne: Aleksander Muzalewski) wskazują, że w 45 gospodarstwach rodzinnych o areale od 8,6 do 150 ha przeciętne wykorzystanie

przyczep rolniczych kształtowało się na poziomie 103 godz./rok i tylko w nielicznych przypadkach przekracza 200 godz./rok. Badane gospodarstwa posiadały średnio po 2,4 przyczepy (od 1 do 8), w liczbie 0,79 przyczepy na każdy użytkowany ciągnik (od 0,50 do 2,66 przyczep/ciągnik).

W większych gospodarstwach przyczepy są użytkowane znacznie intensywniej. W grupie gospodarstw o powierzchni 200-1000 ha średnie wykorzystanie tych środków przewozowych wynosi 490 (150-640) godz./rok, a w grupie powyżej 1000 ha - 660 (580-800) godz./rok.

6.2. Zasady doboru przyczep rolniczych

W typowym rodzinnym gospodarstwie rolnym zakup pierwszej lub kolejnej przyczepy dokonywany jest na podstawie praktycznej wiedzy i doświadczenia rolnika, z uwzględnieniem indywidualnych warunków rolniczo-produkcyjnych oraz możliwości finansowych. Jak wcześniej wspomniano, głównymi czynnikami determinującymi dobór rodzaju i wielkości przyczepy są: masa i rodzaj przewożonych ziemiopłodów oraz innych materiałów, krotność zadań przewozowych, wydajność maszyn zbierających, odległość przewozów. Natomiast czynnikami ograniczającymi ten dobór jest liczba i siła uciągu (a pośrednio moc) posiadanych ciągników oraz możliwości finansowe gospodarstwa.

Przyjmuje się, że w warunkach rolnictwa polskiego potencjał pracy typowej przyczepy rolniczej wynosi około 6000 godzin, co przy założeniu jej eksploatacji przez okres 20 lat oznacza normatywne wykorzystanie przez 300 godzin w roku, a dla 25 lat – 240 godzin. Tak zdefiniowane graniczne (minimalne) wykorzystanie przyczep rolniczych mogłoby stanowić punkt odniesienia do oceny racjonalności ich doboru i użytkowania, w tym również w ramach poszczególnych operacji PS WPR 2023-2027. Trudność pojawia się jednak przy próbie oszacowania tego wykorzystania w warunkach konkretnego gospodarstwa. Konieczność zastosowania do tego celu szczegółowych kart technologicznych wyklucza praktyczną możliwość tego sposobu weryfikacji wniosków przez pracowników ARiMR.

Dlatego, podobnie jak w przypadku ciągników, również przy ocenie doboru przyczep do gospodarstw rolnych uznajemy za zasadne zastosowanie metody wskaźnikowej. Celem tej oceny jest weryfikacja dostosowania wielkości przyczepy do potrzeb przewozowych gospodarstwa, z uwzględnieniem indywidualnych uwarunkowań rolniczo-produkcyjnych i topograficznych. Przy powyższej ocenie należy kierować się między innymi poniższymi kryteriami weryfikującymi dostosowanie:

- liczby przyczep do liczby użytkowanych w gospodarstwie ciągników,
- ładowności przyczepy do siły uciągu, a pośrednio do mocy użytkowanych ciągników,
- ładowności przyczepy do powierzchni gospodarstwa.

Zakładamy, że w modernizujących się gospodarstwach rolnych o przeciętnych warunkach oraz strukturze i poziomie produkcji, a więc o typowych zadaniach przewozowych, na każdy użytkowany w nich ciągnik powinna przypadać co najmniej 1 przyczepa rolnicza.

Najczęściej będzie to wywrotka (najlepiej trójstronna), względnie uniwersalna przyczepa skrzyniowa, jedno- lub dwuosiowa. Obecnie na rynku dostępna jest również szeroka oferta specjalistycznych przyczep skorupowych o ładowności 7-24 ton i pojemności 6-31 m³. Znajdują one zastosowanie głównie w firmach transportowych i w bardzo dużych gospodarstwach rolnych do przewozu roślin okopowych oraz zbóż i kukurydzy.

W uzasadnionych przypadkach wskaźnik liczby przyczep do liczby ciągników może być wyższy

niż 1. Dotyczy to przede wszystkim mniejszych gospodarstw, o powierzchni do 20-30 ha, użytkujących tylko 1 lub 2 ciągniki, podczas gdy np. do sprawnego odbioru ziarna od kombajnu niezbędne są 2 lub 3 przyczepy. W dużych gospodarstwach rolnych, dysponujących większą liczbą ciągników, a najczęściej i przyczep, łatwiej jest zapewnić niezbędną liczbę zestawów transportowych. W zależności od indywidualnych uwarunkowań rolniczo-produkcyjnych i topograficznych, relacja liczby posiadanych przez te gospodarstwa przyczep do liczby ciągników nie powinna być zwykle wyższa jak 1,1 do 1,33.

Do sprawnego odbioru od kombajnu ziarna zbóż, rzepaku i kukurydzy z pól oddalonych od gospodarstwa o 2 do 3 km, najczęściej wystarczą 2 lub 3 przyczepy, o ładowności dostosowanej do wydajności kombajnu, plonu roślin i sposobu rozładunku. Przy zbiorze zboża z dalej położonych pól liczba niezbędnych zestawów transportowych wzrasta do 3-4, względnie powinny to być przyczepy o większej ładowności. Warto zwrócić uwagę, że w sprzyjających warunkach zbioru i przy dużych plonach ziarna, nowoczesne kombajny osiągają wydajność wynoszącą nawet 30 i więcej ton ziarna w ciągu 1 godziny. W tym przypadku gwarancją efektywnej pracy kombajnu jest organizacja sprawnego odbioru i transportu ziarna, z zastosowaniem przyczep o dużej ładowności.

Do prac wymagających wyjątkowo licznych i wydajnych zestawów transportowych zalicza się także zbiór zielonek, w tym kukurydzy na kiszonkę, przy użyciu sieczkarni samobieżnych. Podmioty świadczące usługi tymi wydajnymi maszynami najczęściej oferują równoczesny odbiór od sieczkarni i przewóz zebranego materiału do gospodarstwa (na przymę) własnymi przyczepami technologicznymi, przystosowanymi do przewozu materiałów objętościowych. Zwykle do współpracy z samobieżną sieczkarnią potrzeba od 2 do 3 zestawów transportowych (ciągnik z przyczepą objętościową) a nawet więcej, gdy odległość pomiędzy polem a gospodarstwem przekracza 4 do 5 kilometrów.

Dostosowanie ładowności przyczepy do siły uciągu, a pośrednio do mocy użytkowanych ciągników

Ładowność oraz objętość skrzyni ładunkowej to podstawowe cechy, według których dokonuje się doboru środków przewozowych do transportu różnych materiałów. Ładowność przyczepy i wynikające z niej zapotrzebowanie na siłę uciągu i moc współpracującego ciągnika nie powinny być większe niż siła uciągu największego z użytkowanych w gospodarstwie ciągników. Dopuszcza się około 30% nadwyżkę ładowności technicznej przyczepy w stosunku do mocy posiadanych ciągników, z uwagi na fakt niepełnego wykorzystywania jej ładowności przy przewożeniu płodów rolnych.

Dostosowanie ładowności przyczepy do powierzchni użytków rolnych gospodarstwa

Stosunkowo najprostszym sposobem weryfikacji zasadności doboru przyczepy do konkretnego gospodarstwa rolnego jest ocena dostosowania jej ładowności do powierzchni użytkowanych gruntów rolnych. W pewnym uproszczeniu można stwierdzić, że wraz ze wzrostem powierzchni gospodarstwa zwiększa się ilość masy (ton) i pracy przewozowej (tonokilometry), a w konsekwencji zwiększa się także zapotrzebowanie gospodarstwa na bardziej liczne i o wyższej ładowności zestawy transportowe.

Kryterium dostosowania wielkości przyczepy do arealu gospodarstwa wskazuje te grupy obszarowe gospodarstw, w których użytkowanie poszczególnych typów przyczep jest najbardziej powszechne i uzasadnione, z uwagi np. na wielkość zadań przewozowych oraz moc posiadanych ciągników.

6.3. Kryteria oceny doboru przyczep rolniczych

Kryteria oceny doboru przyczep do gospodarstw o określonej powierzchni użytków rolnych zamieszczono w tabeli 9. Natomiast w tabeli 10 zestawiono zapotrzebowanie przyczep o różnej ładowności na moc współpracujących ciągników.

Tabela 9 Wskaźniki doboru przyczep rolniczych

Areał gospodarstwa	Maksymalna ładowność przyczepy	Liczba przyczep *
ha UR	ton	szt./gosp.
< 10	do 5	1
10-20	do 6	1 □ 2
20-30		2 □ 3
30-40	6 < 7	3 □ 4
40-50	7 < 8	3 □ 5
50-60	8 < 10	3 □ 5
60-70		4 □ 6
60-80	10 < 12	4 □ 6
80-100		5 □ 7
100-150	12 < 14	5 □ 7
150-200		6 □ 8
200-500	14 < 16	7 □ 9
500-700	> 16	9 □ 11
> 700		9 □ 12

* wielkości orientacyjne

Tabela 10 Zapotrzebowanie przyczep na moc ciągnika

Ładowność przyczepy (od – do)	Moc ciągnika	
	kW	KM
ton		
< 3	16	22
3 - 4	19	26
4 - 5	24	33
5 - 6	30	41
6 - 7	35	48
7 - 8	40	54
8 - 9	45	61
9 - 10	51	69
10 - 12	56	76
12 - 14	67	91
14 - 16	77	105
16 - 18	88	120
18 - 20	98	133
20 - 22	109	148
22 - 24	120	163

Kryteria doboru:

Podstawowe – Wskaźnik dostosowanie ładowności przyczepy do powierzchni użytków rolnych. Podane w tabeli 9 powierzchnie (ha UR) wskazują na grupy obszarowe gospodarstw, w których użytkowanie przyczep o określonej ładowności jest najbardziej powszechne i uzasadnione, z uwagi np. na wielkość zadań przewozowych oraz moc posiadanych ciągników.

Dodatkowe – Oceniając dobór przyczepy do gospodarstwa bierzemy pod uwagę dostosowanie jej ładowności do mocy nabywanych i/lub użytkowanych w gospodarstwie ciągników.

Tolerancja oceny:

– standardowa do 20%,
– dodatkowa, od 5 do 10%, w zależności od średniej odległości działek rolnych od siedziby gospodarstwa, analogicznie jak w przypadku oceny doboru ciągników rolniczych (tabela 8).
Celem oceny jest weryfikacja dostosowania wielkości przyczepy do potrzeb przewozowych gospodarstwa i mocy ciągników, z uwzględnieniem indywidualnych uwarunkowań rolniczo-produkcyjnych i topograficznych.

W praktyce rolniczej ciągniki o podanych w tabeli 10 zakresach mocy charakteryzują się siłą uciągu niezbędną do pokonania oporów przetaczania w pełni obciążonej przyczepy. Te dość szerokie zakresy zapotrzebowania przyczep na moc współpracujących ciągników wynikają z różnych warunków pracy zestawów transportowych (pochylenie terenu, rodzaj podłoża), konstrukcji skrzyni ładunkowej (burtowa, skorupowa), rodzaju układu jezdnego i ogumienia, a także stopnia obciążenia przyczepy.

Nadrzędną miarą oceny racjonalności doboru i organizacji użytkowania przyczep rolniczych jest sprawność realizacji zadań przewozowych gospodarstwa rolnego, które wynikają z wymagań procesów technologicznych oraz powiązań gospodarstwa z rynkiem. Zadania te obejmują zarówno transport wewnętrzny (pole-gospodarstwo-pole), jak i transport zewnętrzny, związany z zaopatrzeniem gospodarstwa w środki produkcji oraz ze zbytem produktów rolnych.

Trzeba jednak podkreślić, że uniwersalnym kryterium oceny racjonalności doboru zestawów transportowych do gospodarstwa i poszczególnych technologii jest wzajemna relacja pomiędzy korzyściami wynikającymi z faktu zastosowania wydajnych zestawów transportowych a kosztami ich posiadania i bieżącego użytkowania. Mamy więc tutaj na uwadze efektywność całego procesu produkcyjnego, o czym należy pamiętać przy doborze zestawów transportowych gospodarstwa.

7. Wskaźniki oceny doboru i wykorzystania wybranych maszyn, narzędzi i urządzeń rolniczych

7.1. Maszyny, narzędzia i urządzenia stosowane w uprawach polowych

Ocenę racjonalności zakupu i użytkowania maszyny dokonuje się przez porównanie potencjalnego wykorzystania maszyny w gospodarstwie WR z ustaloną dla danego rodzaju i typu maszyny wartością wskaźnika stanowiącego kryterium oceny – kryterium podstawowe lub dodatkowe.

Potencjalne wykorzystanie maszyny - W_R

Potencjalne wykorzystanie maszyny W_R (ha/rok) szacuje się na podstawie struktury i powierzchni poszczególnych upraw w gospodarstwie, z uwzględnieniem krotności wykonywania zabiegów agrotechnicznych.

Podstawowe kryterium oceny maszyn i narzędzi stosowanych w produkcji roślinnej podstawową wartością kryterialną jest minimalne wykorzystanie w roku W_R^N , wyrażone w hektarach wykonanej w ciągu roku pracy. To wykorzystanie zostało określone dla poszczególnych rodzajów i typów maszyn według poniższej formuły:

$$W_R^N = \frac{k \cdot T_H \cdot W_{07}}{T} \left[\frac{ha}{rok} \right]$$

gdzie:

T_H – potencjał eksploatacyjny maszyny wyrażany najczęściej liczbą godzin pracy, rzadziej liczbą hektarów wykonanej pracy, godz. lub ha,

W_{07} – wydajność eksploatacyjna, ha/godz.,

T – zalecany okres eksploatacji, lata,

k – współczynnik korekcyjny.

Potencjał eksploatacyjny – T_H , T_{HA}

Potencjał eksploatacyjny maszyny to miara jej zdolności do wykonania określonej ilości pracy (godz., ha, t, szt. itp.) w typowych warunkach oraz przy prawidłowej obsłudze i przeprowadzaniu bieżących napraw. Jest to całkowity zasób pracy, jaki ma fabrycznie nowa maszyna do momentu jej pełnego eksploatacyjnego zużycia (kasacji). Jest to parametr charakterystyczny dla danego rodzaju maszyn, ale jego wartość jest także zależna od jakości wykonania, a więc marki producenta. Potencjał eksploatacyjny maszyny nazywany jest w różnych publikacjach: zdolnością przerobową, potencjałem użytkowym, technicznym zasobem pracy, reсурsem lub normatywnym wykorzystaniem w okresie trwania. Normatywne potencjały eksploatacyjne poszczególnych rodzajów i typów maszyn oraz urządzeń rolniczych są publikowane w specjalistycznych wydawnictwach.

Dla wybranych maszyn ich potencjał pracy został podany w jednostkach powierzchni wykonanej pracy – T_{HA} (ha). W tym przypadku wykorzystanie minimalne tych maszyn W_R^N zależy tylko od założonego okresu eksploatacji maszyny T oraz od przyjętej wartości współczynnika korekcyjnego k . Trzeba jednak zwrócić uwagę, że wartość T_{HA} została określona dla przeciętnych warunków pracy. W przypadku maszyn i narzędzi stosowanych do uprawy gleb

ciężkich lub zakamienionych wartość potencjału pracy T_{HA} będzie mniejsza od wartości przeciętnej o około 25%, z uwagi na szybsze tempo zużywania się elementów roboczych.

Wydajność eksploatacyjna - W_{07}

Wydajność eksploatacyjna określa ilość wykonanej pracy w czasie obejmującym: pracę efektywną, nawroty i przejazdy jałowe na polu, obsługę codzienną i przygotowanie maszyny do pracy, regulacje maszyny, usuwanie usterek technologicznych i technicznych na polu, przejazdy transportowe z gospodarstwa na pole i z pola na pole oraz czas niezbędnych przerw pracy operatora maszyny. W rezultacie wydajność eksploatacyjna większości rodzajów maszyn rolniczych wynosi 60-70% wydajności efektywnej i jest zależna m.in. od właściwej organizacji pracy maszyny oraz od rozmiarów pól i ich odległości od gospodarstwa.

Zalecany okres eksploatacji – T

Do obliczeń minimalnego wykorzystania większości rodzajów maszyn przyjęto okres eksploatacji wynoszący od 12 do 15 lat. W nielicznych przypadkach, dotyczących wybranych rodzajów i typów maszyn, okres ten ograniczono poniżej 12 lat. Z reguły dłuższe okresy trwania, w podanym zakresie zmienności, przewidziano dla maszyn o mniejszej wydajności, mających zastosowanie w małych gospodarstwach rolnych. Należy zauważyć, że w warunkach rozdrobnionego rolnictwa polskiego większość środków mechanizacji jest użytkowana nawet powyżej 30 lat.

Współczynnik korekcyjny – k

Uwzględnienie w obliczeniach współczynnika korekcyjnego powoduje adekwatne do jego wartości ($0,5 \div 0,75$) obniżenie progu minimalnego wykorzystania maszyny W_R^N w stosunku do wymagań normatywnych. Wprowadzenie tego współczynnika ma na celu zwiększenie dostępności maszyn dla szerszej grupy potencjalnych beneficjentów programu PS WPR 2023- 2027, aniżeli tylko dla użytkowników gospodarstw o bardzo dużej skali produkcji. Najniższe wartości tego współczynnika przyjęto dla modeli maszyn o wydajności najmniejszej w danej grupie, co w wielu przypadkach stwarza możliwość uznania za zasadny zakup tych maszyn nawet przez stosunkowo niewielkie gospodarstwa rolne.

Dodatkowe kryterium oceny

W celu uproszczenia procesu oceny zasadności zakupu maszyn, w tym oceny stopnia jej wykorzystania, zaproponowano także kryterium dodatkowe (uzupełniające). Miarą tego kryterium jest odpowiadający wartości kryterium podstawowego np. areał gruntów ornych, względnie areał uprawy odpowiednich do rodzaju maszyny roślin lub powierzchnia łąk itp. Należy zauważyć, że w celu oszacowania wartości kryterium dodatkowego przyjęto określone założenia dotyczące np. zakresu zastosowania poszczególnych rodzajów maszyn, względnie krotności wykonywanych nimi zabiegów agrotechnicznych. Z powyższych względów wartość tego kryterium należy traktować jako „orientacyjną”, wskazującą tylko z pewnym przybliżeniem na powierzchniowe (w ha) wykorzystanie maszyny w gospodarstwach.

Tolerancja oceny

Zgodnie z wcześniejszymi uwagami, w ocenie doboru maszyn do gospodarstw rolnych należy uwzględnić 20% tolerancję oceny. W związku z tym podstawą pozytywnej oceny racjonalności wyposażenia gospodarstwa w określony rodzaj sprzętu rolniczego powinno być spełnienie warunku:

$$W_R \geq 0,8W_R^N$$

Uwagi dodatkowe:

W ocenie wyposażenia gospodarstwa w środki mechanizacji nie należy uwzględniać maszyn i urządzeń starszych niż 15 lat.

7.2. Pługi

Wielkości pług jak jego szerokość robocza jest zależna od modelu (producenta) pług, w tym szerokości korpusów płużnych i ustawień pług. Przeciętne zapotrzebowanie pług na moc współpracującego ciągnika, zależne od rodzaju i typu pług, szerokości roboczej, głębokości orki oraz warunków glebowych.

Minimalna powierzchnia gruntów ornych przy założeniu, że orkę łącznie z podorywką i orką przykrywającą obornik wykonuje się przeciętnie 1,5-krotnie w ciągu roku. Z racji ekonomicznych aspektów preferowane są pługi obracalne z racji praktycznego wykorzystania i zaoszczędzenia czasu. Przy wyborze pług zawieszony zagonowy a obracalny preferencją będzie obracalny.

Tabela 2 Wskaźniki wykorzystania pługów do orki średniej i głębokiej

Rodzaje i typy pługów		Szerokość robocza ^{a)}	Moc ciągnika ^{b)}		Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N	Minimalny areal gruntów ornych ^{c)} A	Okres eksploatacji i T	Potencjał eksploatacyjny T_{HA}	Współczynniki korekcyjne k
			kW	KM					
Zagonowe zawieszane	2-sk.	0,64-0,88	28	38	6	4	25	700	0,2
	3-sk.	0,95-1,20	46	62	13	8	25	1050	0,3
	4-sk.	1,40-1,60	57	77	28	19	25	1400	0,5
	5-sk.	1,75-2,00	70	95	49	33	25	1750	0,7
Obracalne zawieszane	2-sk.	0,64-0,84	44	60	14	9	25	1000	0,35
	3-sk.	0,96-1,44	70	95	41	28	20	1500	0,55
	4-sk.	1,28-2,00	92	125	65	43	20	2000	0,65
	5-sk.	1,75-2,00	110	150	133	89	15	2500	0,8
Obracalne półzawieszane	4-sk.	1,40-1,92	100	136	107	71	15	2000	0,8
	5-sk.	1,75-2,40	115	156	133	89	15	2500	0,8
	6-sk.	2,10-2,88	130	177	160	107	15	3000	0,8
	7-sk.	2,45-3,36	165	224	187	124	15	3500	0,8

Kryteria oceny:

- Podstawowe – minimalne wykorzystanie w roku W_R^N , ha/rok
- Dodatkowe – minimalny areal gruntów ornych A, ha

Tolerancja oceny:

Do 25% zależnie od lokalnych uwarunkowań produkcyjnych.

Dla dwu- i trzyskbowego pługa obracalnego wartość współczynnika k obniżono odpowiednio do 0,35 i 0,55. Tego rodzaju pługi są zalecane m.in. do stosowania na terenach zagrożonych erozją wodną. Takie tereny występują w Polsce południowej (tereny faliste), gdzie rozdrobnienie gospodarstw jest szczególnie duże. W tych warunkach możliwości odpowiednio wysokiego wykorzystania środków mechanizacji rolnictwa są ograniczone. Należy ponadto zwrócić uwagę na zróżnicowanie wydajności orki w zależności np. od wielkości pola, rodzaju gleby i mocy ciągnika - tabela 11. Potencjał eksploatacyjny pługów i pozostałych narzędzi stosowanych do uprawy gleb ciężkich i zakamienionych jest o około 25% niższy, co także należy uwzględnić przy ocenie ich wykorzystania.

7.3. Brony talerzowe

Tabela 12 Wskaźniki wykorzystania bron talerzowych

Szerokość robocza m	Typ brony	Moc ciągnika		Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N	Minimalny areał gruntów ornych*	Okres eksploatacji T	Potencjał eksploatacyjny T_{HA}	Współczynnik korekcyjny k
		kW	KM	ha/rok	ha	lata	ha	
1,8	2-sekc. „V”	26	35	15	10	30	1800	0,25
2,3	4-sekc. „X”	44-60	60-82	21	14	27	2300	0,25
2,8		52-74	71-101	34	22	25	2800	0,3
3,2		62-81	84-110	64	43	25	3200	0,5
3,9		81-105	110-143	98	65	20	3900	0,5
4,5		105-115	143-156	135	90	20	4500	0,6

* Areał gruntów ornych przy 1,5-krotnym zabiegu. W zależności od rodzaju brony talerzowe są najczęściej wykorzystywane do uprawy ściernisk, zwłaszcza po zbiorze rzepaku i kukurydzy, do doprawiania roli po orce, a także do wymieszania obornika z glebą.

Kryteria oceny: - Podstawowe – minimalne wykorzystanie w roku W_R^N , ha/rok
- Dodatkowe – minimalny areał gruntów ornych A, ha

Tolerancja oceny: Do 20% zależnie od lokalnych uwarunkowań produkcyjnych.

7.4. Agregaty podorywkowe

Agregaty podorywkowe są szczególnie polecane do uprawy ściernisk na glebach lekkich i średniozwięzłych, na których bardzo dobrze mieszają resztki poźniwe z glebą i spulchniają jej wierzchnią warstwę. Na glebach zwięzłych bardziej odpowiednie do uprawy ścierniska są ciężkie brony talerzowe. W tym podrozdziale skoncentrowano się na kultywatorach z podaniem parametrów maszyny i dedykowanej mocy ciągnika.

Właściwe efekty pracy kultywatorów podorywkowych uzyskuje się przy pracy z prędkością 10-12 km/godz., co wraz ze znaczną szerokością roboczą (nawet 6 m i więcej) daje bardzo dużą wydajność powierzchniową. Uzyskanie tak dużych wydajności wymaga zastosowania ciągnika

o odpowiednio wysokiej sile uciągu i mocy. Średnie zapotrzebowanie na moc współpracującego ciągnika wynosi od 20-25 kW (27-34KM) do 32-37 kW (44-50KM) na 1 m szerokości roboczej, w zależności od warunków pracy (zwięzłość gleby, głębokość pracy).

Tabela 13 Wskaźniki wykorzystania agregatów podorywkowych

Szerokość robocza	Liczba zębów	Moc ciągnika		Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N	Minimalna powierzchnia zasiewów* A	Okres eksploatacji T	Potencjał eksploatacyjny T_{HA}	Współczynnik korekcyjny k
m	szt.	kW	KM	ha/rok	ha	lata	ha	-
2,1	5	48-75	65-102	21	14	20	1050	0,4
2,6	6	59-88	80-120	33	22	20	1300	0,5
3,0	7	75-110	102-150	45	30	20	1500	0,6
3,7	9	105-135	143-184	99	66	15	1850	0,8
4,5	11	105-162	143-220	135	90	15	2250	0,9
5,4	13	118-191	160-260	162	108	15	2700	0,9
6,0	13	118-191	160-260	180	120	15	3000	0,9

* Powierzchnia zasiewów zbóż, rzepaku i kukurydzy, a więc roślin, po zbiorze których wymagana jest uprawa ścierniska; zakłada się 1-2-krotne (średnio 1,5-krotne) wykonanie zabiegu w ciągu roku.

Kryteria oceny:

- Podstawowe – minimalne wykorzystanie w roku W_R^N , ha/rok
- Dodatkowe – minimalny areał gruntów ornych A, ha

Tolerancja oceny: Do 20% zależnie od lokalnych uwarunkowań produkcyjnych.

7.5. Aktywne maszyny uprawowe

Brony z aktywnymi elementami roboczymi są przeznaczone głównie do uprawy gleb ciężkich, rzadziej średnich. W warunkach, w których praca narzędziami biernymi jest niemożliwa lub utrudniona, obrotowe elementy robocze bron zapewniają dobre kruszenie i mieszanie gleby. Brony aktywne nie są natomiast zalecane do pracy na glebach lekkich z uwagi na ryzyko zniszczenia jej struktury.

Najpopularniejszą grupę wśród aktywnych maszyn uprawowych stanowią bronie wirnikowe – tabela 14. Ich elementami roboczymi są noże zamontowane na wirnikach obracających się wokół osi pionowej. Cięższe odmiany tych maszyn, z zębami zagiętymi do przodu, nazywa się również kultywatorami wirnikowymi. Rzadziej stosowaną grupą aktywnych maszyn uprawowych są bronie rotacyjne, czyli tzw. *rototilery* – tabela 15. Elementami roboczymi tych maszyn są zęby (noże, dłuta, stopki) zamontowane na poziomo obracającym się wale.

Podstawowym obszarem zastosowania bron aktywnych jest przedsiewna uprawa gleby. W tym zabiegu są one równie często stosowane jako maszyny pracujące samodzielnie, jak również w zestawie z nabudowanym siewnikiem, jako agregaty uprawowo-siewne. Maszyny te wyposażone są także w wały (strunowe, rurowe, typu *Crosskill* i inne), których zadaniem jest

przede wszystkim wyrównanie i zagęszczenie spulchnionej wirnikami gleby przed siewem oraz utrzymywanie zadanej głębokości pracy brony. Aktywne brony uprawowe ułatwiają i przyspieszają przygotowanie pola do siewu, zwłaszcza na glebach cięższych, których nie da się odpowiednio doprawić narzędziami biernymi. Obecnie są one coraz częściej stosowane w gospodarstwach posiadających duże arealy zbóż i rzepaku, z uwagi na krótki czas między zbiorem przedplonu i siewem rośliny następnej. W celu zapewnienia terminowego siewu, maszyny te pracują nawet po 20 godzin na dobę (w systemie zmianowym). W gospodarstwach wielkoobszarowych jedna 4 lub 4,5 metrowa maszyna potrafi w sezonie wykonać pracę na kilkuset hektarach.

Kryterium oceny: Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N (ha/rok)

= Areal gruntów ornych (ha).

Tolerancja oceny: Do 22% zależnie od specyficznych uwarunkowań gospodarstwa.

Tabela 14 Wskaźniki wykorzystania bron (kultywatorów) wirnikowych

Szerokość robocza	Moc ciągnika	Minimalne wykorzystanie w roku		Okres eksploatacji	Potencjał eksploatacyjny	Współczynnik korekc.	Wydajność eksploat.
		W_R^N		T	T_{HA}	k	W_{07}
m	kW	ha/rok	godz./rok	lata	ha	-	ha/godz.
2	60-80	32	44	25	2000	0,4	0,72
2,5	70-95	40	43	25	2500	0,4	0,92
3	80-110	60	55	25	3000	0,5	1,1
3,5	90-125	105	81	20	3500	0,6	1,3
4	100-140	140	90	20	4000	0,7	1,55
4,5	120-170	240	137	15	4500	0,8	1,75
6	140-200	320	131	15	6000	0,8	2,45

Tabela 15 Wskaźniki wykorzystania bron rotacyjnych

Szerokość robocza	Moc ciągnika	Minimalne wykorzystanie w roku		Okres eksploatacji	Potencjał eksploatacyjny	Współczynnik korekc.	Wydajność eksploat.
		W_R^N		T	T_{HA}	k	W_{07}
m	kW	ha/rok	godz./rok	lata	ha	-	ha/godz.
1,8	60-95	29	41	25	1800	0,4	0,7
2	65-100	32	43	25	2000	0,4	0,75
2,25	65-105	36	43	25	2250	0,4	0,84
2,5	70-110	40	43	25	2500	0,4	0,92
3	100-120	60	56	25	3000	0,5	1,07
3,5	115-125	163	129	15	3500	0,7	1,27
4	115-130	187	127	15	4000	0,7	1,47

Kryterium oceny: Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N (ha/rok)

= Areal gruntów ornych (ha).

Tolerancja oceny: Do 22% zależnie od specyficznych uwarunkowań gospodarstwa.

W porównaniu z biernymi agregatami uprawowymi, napędzane od WOM maszyny aktywne wymagają mocniejszych i większych (cięższych i stabilniejszych) ciągników. W zależności od typu maszyny, głębokości pracy i warunków glebowych współpracujący ciągnik powinien dysponować mocą od 25 kW (34 KM) do nawet 45 kW (61KM) na każdy metr szerokości roboczej maszyny. Średnia masa bron wirnikowych wynosi ok. 400 (340-640) kg na metr szerokości, a *rototilerów* ok. 520 (440-650) kg/m w zależności od rodzaju zastosowanego wału ugniatającego. Do napędu tych maszyn pożądanym jest zatem ciągnik o mocy od co najmniej 60-200 kW (82-272KM), z podnośnikiem o udźwigu od ok. 2000 kG do ponad 3000 kG, najlepiej z napędem na obie osie.

Z uwagi na wymaganą moc współpracującego ciągnika i poziom cen aktywnych maszyn uprawowych są one przeznaczone głównie dla dużych gospodarstw rolnych, gwarantujących sezonowe wykorzystanie na obszarze co najmniej 100 ha. Zakup najmniejszych około 2-metrowych modeli aktywnych maszyn uprawowych przez średnie i małe gospodarstwa limitowany jest przede wszystkim mocą posiadanych ciągników (nie mniej niż 60 kW (82 KM)). Alternatywnym rozwiązaniem może być zespołowy zakup i użytkowanie maszyny.

W ocenie potencjalnego wykorzystania aktywnych bron uprawowych należy przede wszystkim uwzględnić areal zasiewów rzepaku i zbóż ozimych. Dodatkowo można także wziąć pod uwagę zastosowanie *rototilerów* w uprawie późniejszej, a w ograniczonym zakresie

- wiosenną uprawę przesuszonych ciężkich gleb, w tym również wyrównanie niestarannie wykonanej orki.

7.6. Agregaty do uprawy przedsiewnej

Tabela 16 Wskaźniki wykorzystania agregatów do uprawy przedsiewnej

Szerokość robocza	Zestaw narzędzi	Moc ciągnika		Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N	Minimalny areal gruntów ornych* A	Okres eksploatacji T	Potencjał eksploatacyjny T_{HA}	Współczynnik korekcyjny k
m	-	kW	KM	ha/rok	ha	lata	ha	-
1,8	kultywator +2 wały	25-33	34-45	12	8	30	900	0,4
2,1		30-35	41-48	18	12	30	1050	0,5
2,5		35-45	48-61	21	14	30	1250	0,5
2,8	wał +kultywator +2 wały	40-59	54-80	28	19	25	1400	0,5
3,3		60-63	82-86	46	31	25	1650	0,7
3,6		60-74	82-100	63	42	20	1800	0,7
4,2		70-88	95-120	74	49	20	2100	0,7
4,9		88-103	120-140	131	87	15	2450	0,8
5,6		100-118	136-160	149	100	15	2800	0,8

* Powierzchnia gruntów ornych przy przeciętnie 1,5-krotnym przedsiewnym zastosowaniu agregatu

Kryterium oceny: Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N (ha/rok)

= Areał gruntów ornych (ha).

Tolerancja oceny: Do 30% zależnie od specyficznych uwarunkowań gospodarstwa.

7.7. Rozsiewacze nawozów mineralnych

Kryterium oceny: Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N (ha/rok) lub minimalny areał użytków rolnych A (ha).

Tolerancja oceny: Do 25% w zależności od specyficznych uwarunkowań prowadzonej produkcji rolniczej.

Wydajność pracy rozsiewaczy określono dla jednorazowego wysiewu nawozów mineralnych w ilości 200-300 kg/ha masy nawozu, tj. w dawce ok. 60-120 kg NPK/ha w czystym składniku. Łączny poziom nawożenia mineralnego w gospodarstwach prowadzących intensywną produkcję roślinną może wynosić nawet 350-450 kg NPK/ha w czystym składniku, tj. około 700-900 kg/ha wysianego nawozu. Tę ilość nawozu rozsiewa się przeciętnie 3-4 krotnie w ciągu sezonu.

Należy jednak zauważyć, że w statystycznym polskim gospodarstwie rolnym poziom nawożenia mineralnego jest zdecydowanie niższy.

W ostatnich latach w Polsce zauważalny jest spadek zużycia nawozów mineralnych, szczególnie w kontekście ich stosowania w rolnictwie. Według danych za rok 2023, przeciętne zużycie nawozów mineralnych wynosi około 122 kg na hektar użytków rolnych. W porównaniu z wcześniejszymi latami, w których zużycie nawozów było wyższe, obecny poziom wskazuje na tendencję spadkową. Największy spadek dotyczy nawozów fosforowych i potasowych.

Poziom nawożenia mineralnego w Polsce wciąż wykazuje znaczną różnorodność między poszczególnymi województwami. W niektórych regionach, jak województwo opolskie, stosowane są wyższe dawki nawozów, osiągające 197 kg na hektar, podczas gdy w innych, np. w województwie podkarpackim, zużycie nawozów jest znacznie niższe i wynosi około 88,7 kg na hektar [GUS 2024].

Zjawisko to jest związane z różnicami w strukturze gleb, rodzaju upraw oraz praktykach rolniczych stosowanych w poszczególnych rejonach Polski.

Tabela 17 Wskaźniki wykorzystania rozsiewaczy nawozów mineralnych

Pojemność zbiornika	Liczba tarcz	Szerokość robocza*	Moc ciągnika	Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N	Minimalny areał użytków rolnych** A	Okres eksploatacji T	Potencjał eksploatacyjny T_H	Współczynnik korekcyjny k	Wydajność eksploatacyjna W_{07}
l	szt.	m	kW	ha/rok	ha	lata	h	-	ha/godz.
300	1	8-12	18-22	19	6	25	1000	0,4	1,2
400		8-12	18-22	22	7	25	1000	0,4	1,35
400	2	10-15	33-37	37	12	20	1000	0,55	1,35
600		10-15	37-48	55	18	15	1000	0,55	1,5
800		12-18	51-59	76	25	15	1000	0,6	1,9
1000		12-18	55-63	105	35	12	1000	0,6	2,1
1200		12-18	59-66	134	45	12	1000	0,7	2,3
1500		15-21	74-103	152	51	12	1000	0,7	2,6
2000		15-21	96-103	203	68	12	1000	0,7	2,9
2500		18-24	118-132	256	85	12	1000	0,8	3,2
3000		18-24	132-147	288	96	12	1000	0,85	3,6

* Parametr szerokości roboczej rozsiewacza nie stanowi kryterium oceny doboru;

** Powierzchnia użytków rolnych w gospodarstwie nawożonych nawozami mineralnymi przeciętnie 3-krotnie w ciągu roku.

7.8. Rozrzutniki obornika

Potencjał eksploatacyjny (T_H) rozrzutników obornika wyraża liczba godzin pracy podczas wywożenia na pola i rozrzucania obornika. W warunkach rolnictwa polskiego potencjał ten szacuje się na ok. 1250 h. Minimalne wykorzystanie tych maszyn określa się zarówno liczbą godzin pracy w roku (h/rok), jak również ilością wywiezionego w roku obornika (ton/rok). Do oceny racjonalności doboru rozrzutników obornika do gospodarstwa proponujemy zastosować jedną z dwóch omówionych poniżej metod, biorąc za podstawę oceny ilość wywiezionego w roku obornika (ton/rok).

Metoda 1

Kryterium oceny: Minimalna roczna produkcja obornika K1 (t/rok)

Przy ocenie racjonalności zakupu rozrzutnika o określonej ładowności należy oszacować ilość wyprodukowanego w gospodarstwie w ciągu roku obornika PO (t/rok), a następnie porównać tę ilość z ustaloną dla danego typu rozrzutnika wartością kryterialną K1 (t/rok). W celu określenia rocznej produkcji obornika przez poszczególne rodzaje zwierząt gospodarskich, w zależności od systemu ich utrzymania (na głębokiej lub płytkiej ściółce), należy posłużyć się odpowiednimi wskaźnikami (ton obornika/zwierzę) zamieszczonymi między innymi w Dz.U. 2005, Nr 93, p. 780 (wskaźniki dla bydła i trzody chlewnej zamieszczono w tabeli 20).

Oszacowaną z wykorzystaniem tych wskaźników roczną produkcję obornika w gospodarstwie PO należy porównać z wartością kryterialną K1 – tab. 18.

Metoda 2

Kryterium oceny: Minimalna liczba krów lub tuczników w typowym stadzie zwierząt chowanych w cyklu zamkniętym K2 (szt.)

Zastosować można także uproszczoną metodę szacowania rocznej produkcji obornika. W tej metodzie roczną produkcję obornika szacujemy pośrednio na podstawie liczby krów mlecznych (według stanu średniorocznego) w stadzie bydła. Zastosowane w tej metodzie uproszczenie polega na przyjęciu do obliczeń typowej struktury stada bydła mlecznego⁶. W tym przypadku danej liczbie krów w stadzie o typowej strukturze (liczebność poszczególnych grup wiekowych zwierząt) odpowiada określona łączna produkcja obornika przez to stado zwierząt. Przy zastosowaniu tego podejścia na jedną krowę mleczną przypada około 32 ton obornika wyprodukowanego przez całe stado (chów na głębokiej ściółce), względnie 17 ton obornika (chów na płytkiej ściółce).

Analogiczne wskaźniki dla typowego stada trzody chlewnej⁷ chowanej w zamkniętym cyklu produkcyjnym wynoszą:

- chów na głębokiej ściółce – 10,5 ton obornika na 1 tucznika według stanu średniorocznego,
- chów na płytkiej ściółce - 5,0 ton obornika na 1 tucznika według stanu średniorocznego.

Ocena doboru rozrzutnika obornika o określonym rodzaju adaptera roztrzaskającego (szerokości roboczej) i ładowności sprowadza się do porównania liczby krów lub tuczników w utrzymywanym w gospodarstwie stadzie zwierząt z wartością kryterialną, którą jest wskaźnik minimalnej liczby odpowiednich zwierząt K2 (szt.), w zależności od systemu utrzymania – tab. 18.

W tabeli 18 zamieszczono minimalne wartości wskaźników doboru (K1 i K2) dwóch rodzajów rozrzutników (z adapterem roztrzaskającym poziomym o szerokości roboczej 2-3m, i adapterem pionowym 4-walcowym o szerokości roboczej 8-12 m), o ładowności obornika od 3,5 do 14 ton, w zależności od systemu utrzymania zwierząt. Przy wyznaczaniu wartości wskaźników przyjęto dawkę obornika = 30 t/ha oraz odległość pola od gospodarstwa (pryzmy obornika) = 1,5 km.

Tabela 18 Wskaźniki wykorzystania rozrzutników obornika

Ładowność	Moc ciągnika	Minimalna roczna produkcja obornika ** K1	Minimalna liczba (K2):				Okres eksploatacji T	Potencjał eksploatacyjny T_H	Współczynnik korekcyjny k	Wydajność eksploatacyjna W_{07}
			Krów w stadzie bydła mlecznego*		Tuczników w stadzie trzody chlewnej*					
			System utrzymania – na ściółce:							
			głębokiej	płytkiej	głębokiej	płytkiej				
t	kW	t/rok	szt.				lata	h	-	ha/h
Rozrzutniki z poziomym bębnowym adapterem roztrzaskującym										
3,5	35	107	3	6	10	21	20	1250	0,3	0,19
4	37	158	5	9	15	32	20		0,4	0,21
4,5	40	216	7	13	21	43	20		0,5	0,23
5	45	234	7	14	22	47	20		0,5	0,25
5,5	45-55	298	9	18	28	60	20		0,6	0,27
6	55-60	315	10	19	30	63	20		0,6	0,28
Rozrzutniki z adapterem pionowym 2 lub 4-walcowym oraz rozrzutniki obornika z adapterem rozdrabniającym poziomym i tarczami rozrzucającymi										
5,5	45-55	300	9	18	29	60	20	1250	0,5	0,32
6,5	55-60	345	11	20	33	69	20		0,5	0,37
8	65-75	383	12	23	36	77	20		0,5	0,41
10	75-90	714	22	42	68	143	15		0,6	0,48
12	80-100	893	28	53	85	179	15		0,7	0,51
14	90-110	945	30	56	90	189	15		0,7	0,54

* Dla przeciętnej struktury stada bydła lub trzody chlewnej

Źródło: Opracowanie Aleksander Muzalewski

Kryterium oceny: Minimalna roczna produkcja obornika K1 (t/rok) lub minimalna liczba krów lub tuczników w typowym stadzie zwierząt chowanych w cyklu zamkniętym K2 (szt.).

Tolerancja oceny: 25<35% zależnie od średniej odległości pól od siedliska (pryzmy obornika) wg tabeli 19.

W przypadku rozrzutników obornika warto zwrócić uwagę na to, że zwłaszcza w mniejszych gospodarstwach są one stosowane - poza głównym przeznaczeniem - jak uniwersalny środek transportu (zwózka bel słomy, okopowych, zielonek itp.). Daje to możliwość zwiększenia ich rocznego wykorzystania.

Przy sprawnym, zmechanizowanym załadunku obornika na rozrzutnik głównym czynnikiem limitującym wydajność pracy tej maszyny jest odległość pola od gospodarstwa (pryzmy obornika). Dojazd z gospodarstwa na pole i z powrotem zajmuje od kilku do kilkudziesięciu minut, podczas gdy załadunek maszyny i rozrzucanie obornika na polu – około 20-30 minut. Z tego względu eksploatacyjna wydajność rozrzutnika podczas nawożenia pola oddalonego o 4-5 km może być nawet 2-krotnie niższa, aniżeli pola oddalonego tylko o 1 km. Na ten aspekt użytkowania rozrzutnika należy także zwrócić uwagę podczas doboru maszyny do gospodarstwa i oceny wniosku.

W powyższych przypadkach należy skorygować zawarte w tabeli 18 wskaźniki doboru

o odpowiedni współczynnik tolerancji, zależnie od odległości gruntów ornych od siedliska gospodarstwa. W wyniku tej korekty wskaźników uzyskuje się możliwość powiększenia ustalonej, dla określonej minimalnej produkcji obornika (kryterium K1) lub obsady zwierząt (kryterium K2), ładowności rozrzutnika o określony współczynnik tolerancji wg tabeli 19.

Tabela 19 Tolerancja oceny doboru rozrzutników obornika

Odległość gruntów ornych od siedliska – powyżej:	3 km	4 km	5 km
Współczynnik tolerancji	22%	27%	33%

Przy doborze rozrzutnika obornika należy brać pod uwagę warunki terenowe (nachylenie terenu) oraz siłę uciągu i moc przeznaczonego do współpracy ciągnika. Transport załadowanego rozrzutnika w terenie pagórkowatym i roztrząsania obornika na pochyłych polach, wymaga zastosowania ciągnika o mocy o 50 % większej niż na terenie nizinym.

Tabela 20 Produkcja nawozów naturalnych w zależności od systemu utrzymania poszczególnych rodzajów zwierząt.

Gatunek i rodzaj zwierząt	System utrzymania zwierząt			
	Głęboka ściółka	Płytką ściółką		Bezściółkowo
	Obornik	Obornik	Gnojówka	Gnojowica
	t/rok	t/rok	m ³ /rok	m ³ /rok
Bydło				
Buhaje	19	10,5	5,8	22
Krowy	18	10	6,2	25
Jałówki cielne	16	8,5	5,4	23
Jałówki powyżej 1 roku życia	14	7,5	2,8	21
Jałówki od 1/2 do 1 roku życia	12	6	1,8	18
Cielęta do 1/2 roku życia	4	2	0,9	15
Bydło opasowe od 1/2 do 1 roku życia	12	6	1,9	18
Bydło opasowe powyżej 1 roku życia	16	8	2,9	21
Trzoda chlewna				
Knury	6,5	3,2	2,9	4,6
Maciory	7,0	3,7	3,6	4,6
Tuczniki	4,5	2,5	2,2	3,5
Warchlaki od 2 do 4 miesięcy życia	2,5	1	1,1	1,7
Prosięta do 2 miesięcy życia	1	0,4	0,9	0,5

Źródło: Dz.U. 2005, Nr 93, p. 780

7.9. Wozy asenizacyjne

Potencjał eksploatacyjny (T_H) wozów asenizacyjnych wyraża się liczbą wozów usuniętej ze zbiorników na pola gnojowicy lub gnojówki. W warunkach rolnictwa polskiego potencjał ten szacuje się na 8000 wozów w całym okresie użytkowania maszyny. Minimalne wykorzystanie tych maszyn można określić zarówno liczbą wozów wywiezionej w roku gnojowicy/gnojówki

(szt./rok), jak również jej ilością (m^3/rok). Przy ocenie racjonalności zakupu wozu asenizacyjnego o określonej pojemności należy oszacować ilość wyprodukowanych w gospodarstwie w ciągu roku ciekłych nawozów naturalnych, a następnie porównać z ustaloną dla danego typu wozu wartością kryterialną.

Do oceny racjonalności doboru wozów asenizacyjnych do gospodarstwa proponujemy, analogicznie jak w przypadku rozrzutników obornika, zastosować jedną z dwóch omówionych poniżej metod, biorąc za podstawę oceny ilość wyprodukowanej w ciągu roku gospodarstwie gnojowicy/gnojówki (m^3/rok).

Metoda 1

Kryterium oceny: Minimalna roczna produkcja gnojowicy/gnojówki - K1 (t/rok)

Przy ocenie racjonalności zakupu wozu asenizacyjnego o określonej pojemności należy oszacować ilość wytworzonych w gospodarstwie w ciągu roku płynnych nawozów naturalnych PG (m^3/rok), a następnie porównać tę ilość z ustaloną dla danego typu wozu wartością kryterialną K1 (m^3/rok). W celu określenia rocznej produkcji gnojówki/gnojowicy przez poszczególne rodzaje zwierząt gospodarskich, w zależności od systemu ich utrzymania (bezściółkowo lub na płytkej ściółce), należy posłużyć się wskaźnikami zamieszczonymi w tabeli 20 [Dz.U. 2005].

Oszacowaną z wykorzystaniem tych wskaźników roczną produkcję gnojówki/gnojowicy PG w gospodarstwie należy porównać z wartością kryterialną K1 – tab. 21.

Metoda 2

Kryterium oceny: Minimalna liczba krów lub tuczników w typowym stadzie zwierząt chowanych w cyklu zamkniętym - K2 (szt.)

W tej metodzie roczną produkcję płynnych nawozów naturalnych szacujemy pośrednio, z pewnym uproszczeniem, na podstawie liczby krów mlecznych (według stanu średniorocznego) w stadzie bydła. Zastosowane w tej metodzie uproszczenie polega na przyjęciu do obliczeń typowej struktury stada bydła mlecznego⁸. W tym przypadku danej liczbie krów w stadzie o typowej strukturze (liczebność poszczególnych grup wiekowych zwierząt) odpowiada określona łączna produkcja gnojówki/gnojowicy przez to stado zwierząt. Przy zastosowaniu tego podejścia na jedną krowę mleczną przypada około $48,5 \text{ m}^3$ gnojowicy wyprodukowanej przez całe stado w cyklu zamkniętym (chów bezściółkowy), względnie $9,4 \text{ m}^3$ gnojówki (chów na płytkej ściółce).

Analogiczne wskaźniki dla typowego stada trzody chlewnej⁹ chowanej w zamkniętym cyklu produkcyjnym wynoszą:

- chów bezściółkowy - $7,4 \text{ m}^3$ gnojowicy na 1 tucznika według stanu średniorocznego,
- chów na płytkej ściółce - $5,6 \text{ m}^3$ gnojówki na 1 tucznika według stanu średniorocznego.

Ocena doboru wozu asenizacyjnego o określonej ładowności sprowadza się do porównania liczby krów lub tuczników w utrzymywanym w gospodarstwie stadzie zwierząt z wartością kryterialną, którą jest wskaźnik minimalnej liczby odpowiednich zwierząt K2 (szt.), w zależności od systemu utrzymania – tabela 21.

W tabeli 21 zamieszczono minimalne wartości wskaźników doboru (K1 i K2) wozów asenizacyjnych, w zależności od systemu utrzymania bydła i trzody chlewnej. Przy wyznaczaniu wartości wskaźników przyjęto dawkę gnojowicy = $22,5 \text{ m}^3/\text{ha}$ oraz odległość pola od gospodarstwa (zbiornika gnojowicy) = 1,5 km.

Tabela 21 Wskaźniki wykorzystania wozów asenizacyjnych

Objętość zbiornika	Moc ciągnika		Okres eksploatacji T	Potencjał eksploatacyjny	Współczynnik korekcyjny k	Minimalna:		Minimalna liczba (K2):			
						Liczba wozów gnojowicy, gnojówki	Produkcja gnojowicy, gnojówki (K1)	Krów w stadzie bydła mlecznego*		Tuczników w stadzie trzody chlewnej*	
								System utrzymania zwierząt:			
								bezciołk owy	plytka sciołka	bezciołk owy	plytka sciołka
m³	kW	KM	lata	szt.	-	szt./rok	m³/rok	szt.			
3	25	34	20	8000	0,3	120	360	7	38	49	64
4	35	48	20	8000	0,3	120	480	10	51	65	86
5	40	54	20	8000	0,3	120	600	12	64	81	107
6	45-50	61-68	20	8000	0,3	120	720	15	77	97	129
7	50-60	68-82	20	8000	0,35	140	980	20	104	132	175
8	60-70	82-95	20	8000	0,35	140	1120	23	119	151	200
10	70-90	95-122	20	8000	0,35	140	1400	29	149	189	250
12	80-100	109-136	20	8000	0,4	160	1920	40	204	259	343
16	100-120	136-163	20	8000	0,45	180	2880	59	306	389	514
18	105-135	143-184	20	8000	0,45	180	3240	67	345	438	579
20	130-150	177-204	20	8000	0,45	180	3600	74	383	486	643

* Struktura stada według cyklu zamkniętego

Kryterium oceny: Minimalna roczna produkcja gnojowicy/gnojówki - K1 (t/rok), względnie minimalna liczba krów lub tuczników w typowym stadzie zwierząt chowanych w cyklu zamkniętym - K2 (szt.).

Tolerancja oceny: 25-35% zależnie od średniej odległości pól od siedliska (zbiornika gnojowicy/gnojówki) wg tabeli 21.

Wywóz gnojowicy, podobnie jak obornika, to czynność dość czasochłonna, biorąc pod uwagę aplikowane dawki (5-30 m³/ha), a dość krótkim okresem zastosowania jej na użytkach rolnych znacznych ilości deponowanych w zbiornikach. Wydajność nawożenia gnojowicą ściśle powiązana z pojemnością zbiornika – wozu asenizacyjnego i odległością pól od gospodarstwa (tabela 22). Zastosowanie wozu o pojemności 10 m³, zamiast 5 m³, skraca czas przejazdów z gospodarstwa na pola i zwiększa efektywność o 50-62%, zależnie od odległości transportowej (1-5 km). Stosując większą pojemność wozu asenizacyjnego można zaoszczędzić ponad 1/3 czasu potrzebnego na wykonanie nawożenia. Z kolei przy zastosowaniu małych pojemności 3-10 m³ wzrost odległości gospodarstwo-pole z 1 km do 5 km ogranicza wydajność i wydłuża czas tego zabiegu ponad dwukrotnie.

Tabela 22 Wpływ odległości transportowej i pojemności wozu asenizacyjnego na wydajność nawożenia gnojowicą w dawce 20 m³/ha

Pojemność wozu	Odległość gospodarstwo – pole				5 km 1 km	
	1 km		5 km		Wzrost czasu pracy	Spadek wydajności
	Czas pracy	Wydajność	Czas pracy	Wydajność		
m ³	godz.	ha/godz.	godz.	ha/godz.	%	%
3	2,07	0,48	5,18	0,19	250	60
5	1,12	0,89	2,68	0,37	239	58
10	0,74	1,34	1,68	0,60	227	55

Źródło: Szacowane wartości na podstawie obliczeń - Aleksander Muzalewski

Mając na uwadze konieczność aplikacji gnojowicy w ograniczonej liczbie dni dyspozycyjnych, gospodarstwo z działkami znacznie oddalonymi od siedliska (zbiornika gnojowicy) powinno dysponować wozem asenizacyjnym o większej pojemności, niż to wynika ze wskaźników zawartych w tabeli 21 Tym samym, przy ocenie doboru wozu asenizacyjnego należy zastosować odpowiednią modyfikację tych wskaźników, zależnie od odległości, zwłaszcza gruntów ornych, od siedliska gospodarstwa. Modyfikacja polega na możliwości powiększenia ustalonej, dla określonej minimalnej produkcji gnojowicy/gnojówki (kryterium K1) lub obsady zwierząt (kryterium K2) pojemności wozu o określony współczynnik tolerancji – tabela 23.

Przy doborze wozu asenizacyjnego do gospodarstwa należy także wziąć pod uwagę warunki terenowe (nachylenie terenu) oraz siłę uciągu i moc przeznaczonego do współpracy ciągnika. Transport ciężkiego, wypełnionego wozu w pofałdowanym terenie i rozlewanie gnojowicy na pochyłych polach, wymaga zastosowania odpowiednio dużego ciągnika.

Tabela 23 Tolerancja oceny doboru wozów asenizacyjnych

Odległość gruntów ornych od siedliska – powyżej:	3 km	4 km	5 km
Współczynnik tolerancji	20%	25%	30%

7.10. Aplikatory gnojowicy

Podczas stosowania (aplikacji) gnojowicy i gnojówki, zawarta w nich amonowa forma azotu łatwo przekształca się w amoniak, który następnie ulatnia się do atmosfery. Skutkuje to zarówno emisją uciążliwych odorów do otoczenia, jak również stratami zawartego w gnojowicy azotu, a ponadto przyczynia się do zanieczyszczenia środowiska. Emisje amoniaku występują głównie w po aplikacji gnojowicy. Najbardziej efektywnym sposobem ograniczenia emisji amoniaku jest zastosowanie odpowiedniej techniki aplikacyjnej (szybkie wymieszanie z glebą, aplikacja dogłębowa). Ponadto wybór odpowiedniego terminu aplikacji, a także ograniczenie zawartości suchej masy jak i dodatek stężonego kwasu siarkowego są skutecznymi sposobami ograniczenia emisji amoniaku podczas zagospodarowywania nawozu [KIEROŃCZYK, MARCINKOWSKI 2015].

Za najlepsze praktyki gospodarowania w zakresie ograniczania strat amoniaku w wyniku stosowania (aplikacji) gnojowicy uznaje się obecnie:

- bezpośrednie wprowadzenie płynnego nawozu do gleby – stosowanie aplikatorów zmniejszających emisję amoniaku przez bezpośrednie wprowadzenie nawozu pod powierzchnię gleby, zmniejszając w ten sposób powierzchnię nawozu narażoną na działanie powietrza i ułatwiając przenikanie gnojowicy do gleby;
- rozlewanie gnojowicy na powierzchni gleby bezpośrednio w łan roślin z zastosowaniem ciągniętych węży i ciągniętych płoz (redlic) – zmniejszenie strat amoniaku dzięki bezpośredniej absorpcji amoniaku przez pod strefą liści roślin i pod korzenie, natychmiastowe wymieszanie gnojowicy z glebą po nawożeniu (przez orkę, bronowanie lub kultywatorowanie);
- rozcieńczanie gnojowicy lub jej mechaniczne frakcjonowanie - rozcieńczona gnojowica łatwiej infiltrowuje do gleby niż naturalna (z powodu mniejszej lepkości) - rozcieńczenie gnojowicy wodą może zmniejszyć straty amoniaku od 44 do 91%; podobny efekt można uzyskać przez aplikację płynnej frakcji odseparowanej gnojowicy – jednak niezalecane.

Największe straty amoniaku zachodzą w pierwszych godzinach po zastosowaniu gnojowicy. Zatem powierzchniowa aplikacja nawozu winna być połączona z natychmiastowym jego wymieszaniem z glebą. Skutecznym sposobem ograniczenia emisji amoniaku podczas aplikacji gnojowicy na polach jest jej bezpośrednie wprowadzenie do gleby (redukcja emisji o 80% w zależności od techniki aplikacji i warunków), a także zaoranie w ciągu 1 godziny po rozlaniu na polu – tabela 24 i 25.

Tabela 24 Zmniejszenia strat amoniaku po zastosowaniu gnojowicy na użytkach rolnych w zależności od techniki aplikacji

Techniki aplikacji	Rodzaj użytku		Redukcja emisji [%]	
			Gnojowica	
			Gęsta	Rzadka
Węże wleczone (aplikacja powierzchniowa)	Grunt orny	Bez okrywy roślinnej	20	50
		Rośliny > 30 cm	30	55
Płozy wleczone (aplikacja powierzchniowa, gł. 0-3 cm)	Użytki zielone	Rośliny do 10 cm	40	55
		Rośliny > 30 cm	50	70
Aplikator doglebowy szczelinowy (tarczowy, gł. 6-10/15 cm)	Użytki zielone		80	90
Aplikator doglebowy (kultywatorowy, talerzowy, gł. 10-20 cm)	Grunt orny		> 90	> 90
Przyoranie w ciągu 1 godziny	Grunt orny		95	95

Źródło: M. Kierończyk – opracowanie własne.

Tabela 25 Redukcja emisji amoniaku w zależności od sposobu aplikacji gnojowicy

Metoda aplikacji	Gnojowica bydlęca	Gnojowica świńska
Węże wleczone	30	30
Płozy wleczone	60	50
Aplikatory szczelinowe (tarcze)	80	60
Kultywator	95	90
Przykrycie w ciągu 1 godz.	95	90
Przykrycie w ciągu 4 godz.	80	70
Rozcieńczenie wodą (1:1)	40	b.d.

Źródło: M. Kierończyk – opracowanie własne.

Węże wleczone.

Węże rozlewające gnojowicę zamocowane są na poprzecznej rampie, a ich końce wleczone są po powierzchni gruntu. Jest to tzw. aplikacja pasowa, w rozstawie co 0,4- 0,5 m. Węże mogą być dodatkowo zakończone płozami i/lub specjalnymi końcówkami umożliwiającymi rozprowadzanie gnojowicy u podstawy roślin, co ogranicza ich zanieczyszczenie. Szerokość robocza od 3 do 24-30 m.

Płozy wleczone (głębokość pracy 0-3 cm). Wleczone po powierzchni płozy (inne określenia elementu roboczego: lemiesz, stopka, łyżwa, redlica) tworzą w glebie niewielkie bruzdy o głębokości do 3 cm, w które precyzyjnie i równomiernie wprowadzana jest gnojowica. Dociskana sprężyną do podłoża płoza rozgarnia na boki łodygi trawy, co ogranicza jej zanieczyszczenie gnojowicą. Ten sposób aplikacji gnojowicy jest zalecany do nawożenia użytków zielonych a zwłaszcza pastwisk. Szerokości robocze od 3 do ok. 9 m.

Aplikator doglebowy szczelinowy (tarczowy).

Elementami roboczymi aplikatora są płaskie gładkie tarcze wycinające w glebie szczeliny (nacięcia) o głębokości 6-10 (15) cm, w które aplikowany jest nawóz. W niektórych rozwiązaniach stosuje się dodatkowe rolki dociskowe zamykające wytworzoną szczelinę. Tego rodzaju aplikatory stosowane są przede wszystkim na użytkach zielonych, ale także na ścierniskach. Szerokość robocza od 3 do ok. 7,5-8,5 m.

Aplikator doglebowy kultywatorowy lub talerzowy. Są to aplikatory budowane na bazie kultywatorów o zębach sztywnych lub sprężynowych lub na bazie bron talerzowych. Umożliwiają one wprowadzenie gnojowicy na głębokość 10 do 20 cm, z jednoczesną uprawą ścierniska, zapewniając prawie maksymalne ograniczenie emisji odoru i amoniaku. Szerokość robocza od 3 do ok. 7,5 m, zależnie od rodzaju i liczby elementów roboczych.

W tabeli 26 zamieszczono porównanie nazw poszczególnych rodzajów aplikatorów gnojowicy wg niniejszego opracowania oraz odpowiadających im nazw rodzajów aplikatorów wg wykazu rodzajów inwestycji opublikowanych w dokumentach wykonawczych PROW 2014-2020, w tym np. wg [DZ.U. 2015, poz. 1371].

Tabela 26 Porównanie nazw rodzajów aplikatorów gnojowicy wg niniejszego opracowania oraz odpowiadających im rodzajów aplikatorów wg wykazu rodzajów inwestycji służących ochronie środowiska lub zapobieganiu zmianie klimatu

Rodzaje aplikatorów wg niniejszego opracowania	Rodzaje aplikatorów wg wykazu rodzajów inwestycji służących ochronie środowiska lub zapobieganiu zmianie klimatu
Aplikatory typu:	
Węże wleczone	Węże wleczone
Płozy wleczone (lemieszowe, stopkowe, łyżwowe)	Stopkowe, łyżwowe
Doglebowe szczelinowe (tarczowe)	Brak właściwego odpowiednika. W związku z tym przy ocenie punktowej inwestycji aplikatory doglebowe szczelinowe należy identyfikować jako aplikatory doglebowe talerzowe
Doglebowe kultywatorowe lub talerzowe	Doglebowe redlicowe Doglebowe talerzowe Doglebowe zębowe

Zasady doboru aplikatorów

Wychodzimy z założenia, że każdy rolnik, który użytkuje wóz asenizacyjny, powinien także posiadać aplikator gnojowicy, w tym albo do rozlewu powierzchniowego lub do aplikacji dogłębowej. Dobór rodzaju i typu oraz szerokości roboczej aplikatora zależy jest od różnych czynników, w tym przede wszystkim od rodzaju użytków rolnych, na których rozlewana będzie gnojowica (użytki zielone, ściernisko, grunty orne), a także od pojemności wozu asenizacyjnego i możliwości zamocowania oraz transportu odpowiedniego aplikatora, a także od mocy współpracującego z tym zestawem (wóz +aplikator) ciągnika. Przyjmuje się, że na każdy 1 m³ pojemności wozu potrzeba około 10 KM (7,35 kW) mocy ciągnika. Ponadto należy uwzględnić nadwyżkę mocy i siły uciągu ciągnika niezbędne do pokonania siły oporu zagregatowanego z wozem aplikatora. Najmniejsze dodatkowe zapotrzebowanie na moc współpracującego ciągnika występuje w przypadku węży walcowych, a największe przy aplikowaniu gnojowicy za pomocą aplikatorów kultywatorowych i talerzowych. Siła oporu aplikatorów dogłębowych zależy od liczby i rodzaju elementów roboczych oraz głębokość ich pracy.

W niniejszym opracowaniu zaproponowano wskaźnikową metodę doboru aplikatorów gnojowicy. Zasadą jest dobór aplikatora do wielkości (pojemności) posiadanego lub nabywanego wozu¹¹. Typowe wskaźniki doboru szerokości roboczych poszczególnych rodzajów aplikatorów w zależności od pojemności wozów asenizacyjnych zamieszczono w tabeli 27. Są to wartości orientacyjne, najczęściej spotykane w praktyce rolniczej. Należy je przyjmować z dużym marginesem tolerancji. W szczególności należy kierować się zaleceniami producentów i dystrybutorów w zakresie dostosowania szerokości roboczych poszczególnych rodzajów aplikatorów do konkretnego modelu i wyposażenia wozu asenizacyjnego.

W ofercie rynkowej węży wleczonych znajdują się zarówno najprostsze i najtańsze rozwiązania o szerokości 3 m oraz składane na czas transportu rampy o szerokościach roboczych od 9 m do 30 m. Warto zauważyć, że szerokie rampy z wężami wleczonymi muszą być złożone na czas przejazdu po drogach. Wymaga to zastosowania odpowiednio długich, a więc i pojemnych wozów asenizacyjnych tak, aby po złożeniu rampy wzdłuż zbiornika wozu nie utrudniała ona manewrowania agregatem.

Tabela 27 Orientacyjne wskaźniki doboru aplikatorów gnojowicy, cz. I

Wężę wlezione		Płozy wlezione	
Szerokość robocza, m	Pojemność wozu asenizacyjnego, m ³	Szerokość robocza, m	Pojemność wozu asenizacyjnego, m ³
3	każdy	3	5 do 9
9	7 do 12	4	7 do 12
12	10 do 15	5	10 do 15
15	12 do 17	6	12 do 17
18	15 do 20	7	15 do 20
21	18 do 24	8	18 do 24
24	21 do 30	9	21 do 30

Powinno się stopniowo ograniczać wykorzystanie aplikatorów z płytą rozbryzgową na aplikatory (minimalnie) z węzami wleczonymi, a w przypadku gleb o mniejszej ścieśnieniu wykorzystywać do rozlewania gnojowicy i gnojówki tylko aplikację doglebową.

Tabela 28 Orientacyjne wskaźniki doboru aplikatorów gnojowicy, cz. II

Aplikatory szczelinowe (tarczowe)		Aplikatory doglebowe kultywatorowe i talerzowe zębowe	
Szerokość robocza, m	Pojemność wozu asenizacyjnego, m ³	Szerokość robocza, m	Pojemność wozu asenizacyjnego, m ³
3	5 do 8	2,5	5 do 8
4	6 do 9	3	6 do 10
5	7 do 10	4	9 do 14
6	8 do 12	5	12 do 18
7	10 do 14	6	15 do 25
8,5	12 do 17		

Źródło: Szacunki własne na podstawie danych rynkowych i materiałów firmowych.

Kryterium oceny: Dostosowanie szerokości roboczej aplikatora do pojemności posiadanego lub nabywanego wozu asenizacyjnego – są to zależności (wskaźniki) orientacyjne, najczęściej spotykane w praktyce rolniczej, ustalone na podstawie analizy ofert rynkowych i zaleceń producentów sprzętu.

7.11. Siewniki zbożowe

Tabela 29 Wskaźniki wykorzystania siewników zbożowych

Szerokość robocza	Moc ciągnika	Minimalne wykorzystanie w roku WR^N	Minimalna powierzchnia zasiewów* A	Okres eksploatacji T	Potencjał eksploatacyjny TH	Współczynnik korekcyjny k	Wydajność eksploatacyjna $W07$
m	kW	ha/rok	ha	lata	godz.	-	ha/godz.
2,5	28	13	10	25	1400	0,40	0,60
2,7	28-35	16	14	25		0,45	0,65
3,0	35-44	20	20	25		0,50	0,70
4,0	55-60	39	45	25		0,60	1,15
4,5	55-60	49	60	25		0,70	1,25
6,0	75-90	80	100	20		0,75	1,55

* Minimalna powierzchnia zasiewów bez uwzględnienia powierzchni zasiewów poplonów

W przypadku siewników zbożowych dodatkowym kryterium oceny racjonalności zakupu i użytkowania sprzętu jest ustalona arbitralnie, na podstawie obserwacji i wyników badań własnych oraz opinii ekspertów, minimalna powierzchnia zasiewów zbóż, rzepaku i motylkowych.

W szacunku potencjalnego wykorzystaniu siewników zbożowych należy także uwzględnić możliwość zastosowania tych maszyn do siewu poplonów. Przyjmuje się, że zasiewy poplonów mogą stanowić około 33% łącznej powierzchni gruntów ornych gospodarstwa.

Kryteria oceny:

Podstawowe – minimalne wykorzystanie w roku WR^N , ha/rok.

Dodatkowe – powierzchnia zasiewów zbóż, rzepaku i roślin o podobnej technice siewu A, ha.

Tolerancja oceny: 25%

7.12. Agregaty uprawowo-siewne

Agregaty uprawowo-siewne to zestawy składające się z narzędzia doprawiającego glebę oraz siewnika. Umożliwiają one jednoczesne wykonanie przedsięwzięcia uprawy gleby oraz siewu nasion. Wymiernymi efektami jednoczesnego doprowadzenia gleby i siewu to oszczędność czasu i paliwa, pełniejsze wykorzystanie mocy i siły ucięcia ciągnika, a także zmniejszenie ugniatania gleby kołami ciągnika. W porównaniu do uprawy rozdzielnej ograniczone zostają również straty wilgoci gleby. Stosowanie agregatów uprawowo-siewnych jest optymalnym rozwiązaniem w okresie konieczności wykonania wielu prac jednocześnie z uwagi na niekorzystne warunki pogody. W zależności od zastosowanego narzędzia uprawowego rozróżnia się dwa podstawowe rodzaje agregatów uprawowo-siewnych: bierne i aktywne.

Bierne agregaty uprawowo-siewne są wystarczająco skuteczne na glebach lekkich i średnich, które zwykle dobrze się kruszą. Właściwy efekt doprowadzenia pola przed siewem uzyskuje się poprzez dobór odpowiedniego do rodzaju i aktualnego stanu gleby narzędzia uprawowego. Większa prędkość przejazdu sprzyja lepszemu kruszeniu brył ziemi, pozostawiając wyrównaną powierzchnię przed redlicami siewnika. Najbardziej popularne są agregaty zawieszane, złożone z 2 lub 3 rzędów kultywatora, umieszczonych pomiędzy dwoma wałami ustalającymi głębokość uprawy. Innym typowym narzędziem stosowanym w agregatach uprawowo-siewnych są krótkie brony z talerzami zębatymi. Doprawiają one glebę na mniejszą głębokość niż agregaty kultywatorowe, ale mogą pracować z większą prędkością, w tym na glebach zbrylonych.

Na gleby ciężkie i suche lepszym rozwiązaniem są agregaty aktywne napędzanych od WOM ciągnika elementach roboczych. Najczęściej są to brony wirnikowe, które dobrze kruszą i wyrównują wierzchnią warstwę gleby. Rzadziej stosowane są brony rotacyjne lub wahadłowe. Intensywność oddziaływania brony na glebę można regulować poprzez zmianę prędkości obrotowej wirników (ok. 200-400 rpm) oraz prędkości roboczej agregatu, a także poprzez dobór odpowiednich zębów brony. Brony wirnikowe pracują w zestawie z wałem, który ustala głębokość uprawy, zagęszcza spulchnioną glebę oraz pozostawia na głębokości siewu strukturę drobno gruzelkową. Na tak przygotowane podłoże następuje wysiew nasion z zamontowanego na agregacie siewnika.

Agregaty uprawowo-siewne o mniejszych szerokościach roboczych (do 3-4 m) wyposaża się zwykle w typowe siewniki mechaniczne. W szerszych zestawach są to siewniki pneumatyczne w tym mechaniczne z pneumatycznym transportem ziarna do redlic, i zbiornikami nasion o pojemności nawet do 4000 dm³. Lżejsze i węższe agregaty są maszynami zawieszanymi na ciągniku, w których siewnik może być nabudowany na narzędziu uprawowym, względnie łączony z tym narzędziem za pomocą sprzęgu. Agregaty o większej masie to zestawy półzawieszane lub

przyczepiane do ciągnika.

Agregaty uprawowo-siewne mogą, w zależności od opcji aplikować różne rodzaje nasion, mieszaniny nasion i ale także nawozów mineralnych granulowanych, a także połączenia nasion z dodatkowymi środkami ochrony roślin.

Dzięki temu, że nawozy są aplikowane razem z nasionami, wspomagają one początkowe kiełkowanie i rozwój roślin, co przyczynia się do bardziej efektywnego wzrostu. Badania pokazują, że takie podejście może zwiększyć plony w porównaniu do innych metod nawożenia. W takim przypadku, siewnik nawozu jest częścią zintegrowanego zestawu uprawowo-siewnego, który łączy bronę wirnikową z funkcją wysiewu. Zbiornik nawozów ma różne pojemności od kilkuset do kilku tysięcy litrów.

Zbiornik może być podzielony w różnych proporcjach, najczęściej 40:60, co umożliwia wysiewanie jednego rodzaju nasion lub kombinacji różnych materiałów siewnych.

Kompatybilność z systemem ISOBUS i przygotowanie do pracy z systemem GPS oraz odpowiednim oprogramowaniem zapewnia automatyczną kontrolę dawki wysiewu na podstawie map glebowych, a także włączanie i wyłączanie sekcji wysiewających na końcach pól.

Aparaty wysiewające działają niezależnie i zapewniają precyzyjny wysiew nasion i nawozu.

Możliwa jest też niezależna regulacja dawki nawozów i nasion, co daje operatorowi pełną kontrolę nad procesem wysiewu.

Wskaźniki wykorzystania biernych agregatów uprawowo-siewnych zamieszczono w tabeli 30. Wymienione w tej grupie agregaty na gleby lekkie i średnie (tab. 30, pkt. 1.a) to zestawy złożone z dostępnych na rynku dwóch oddzielnych narzędzi: (1) lekkich kultywatorów 2-rzędowych z dwoma wałami strunowymi oraz (2) siewników mechanicznych z redlicami stopkowymi łączonych z narzędziem uprawowym za pomocą sprzęgu. Oba te narzędzia można także wykorzystać indywidualnie, w zależności od potrzeb.

Tabela 30. Wskaźniki wykorzystania biernych agregatów uprawowo-siewnych.

Szerokość robocza	Pojemność siewnika*	Moc ciągnika	Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N	Okres eksploatacji T	Potencjał eksploatacyjny THA	Współczynnik korekcyjny k
m	dm ³	kW	ha/rok	lat	ha	-
Agregaty bierne zawieszane, z siewnikiem mechanicznym						
1.a. Na gleby lekkie i średnie **						
2,5	330	50-65	20	25	1625	0,3
2,7	370	55-70	21	25	1755	0,3
3	410	60-75	23	25	1950	0,3
1.b. Na gleby średnie i ciężkie ***						
3	350-500	60-90	27	25	1950	0,35
3	700	85-100	40	25	1950	0,5
3	1100	90-105	78	20	1950	0,8
4	1100	120-135	139	15	2600	0,8
Agregaty bierne zawieszane z siewnikiem pneumatycznym						
3	700	80-105	47	25	1950	0,6
3	1000	95-120	78	20	1950	0,8
3	2000	110-135	117	15	1950	0,9
4	1000	135-150	156	15	2600	0,9
Agregaty bierne półzawieszane z siewnikiem pneumatycznym						
3	1000	75-90	68	20	1950	0,7
4	1000	105-120	91	20	2600	0,7
5	1500	120-140	152	15	3250	0,7
6	3000	140-160	208	15	3900	0,8

* Pojemność zbiornika ziarna - wielkość szacunkowa nie stanowiąca zasadniczego kryterium oceny.

** Kultywator 2-rzędowy + 2 wały strunowe; siewnik mechaniczny z redlicami stopkowymi.

*** Kultywator 3-rzędowy + 2 wały lub 2-rzędowa brona talerzowa z wałem; siewnik mechaniczny z redlicami stopkowymi lub talerzowymi.

Kryterium oceny: Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N , ha/rok.

= Areal zasiewów zbóż i roślin technologicznie podobnych, ha.

Tolerancja oceny: Do 20% zależnie od specyficznych uwarunkowań gospodarstwa.

Wskaźniki wykorzystania aktywnych agregatów uprawowo-siewnych zamieszczono w tabeli 31.

Tabela 31 Wskaźniki wykorzystania aktywnych agregatów uprawowo-siewnych

Szerokość robocza	Pojemność siewnika*	Moc ciągnika		Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N	Okres eksploatacji T	Potencjał eksploatacyjny T_{HA}	Współczynnik korekcyjny k
m	dm ³	kW	KM	ha/rok	lata	ha	-
Agregaty aktywne zawieszane z siewnikiem mechanicznym							
2,5	400	60-75	82-102	30	15	1625	0,4
3	500	80-95	109-129	50	15	1950	0,5
3	700	105-120	143-163	60	13	1950	0,6
4	1000	135-150	184-204	156	10	2600	0,9
Agregaty aktywne zawieszane z siewnikiem pneumatycznym							
3	700	90-105	122-143	73	20	1950	0,75
3	1000	105-120	143-163	104	15	1950	0,8
4	1000	135-150	184-204	156	15	2600	0,9
Agregaty aktywne półzawieszane z siewnikiem pneumatycznym							
3	1000-1500	90-105	122-143	91	15	1950	0,7
4	1500-2000	120-140	163-190	139	15	2600	0,8
5	2500-3000	150-175	204-238	195	15	3250	0,9
6	3000-3500	180-210	243-286	234	15	3900	0,9

* Pojemność zbiornika ziarna - wielkość szacunkowa niestanowiąca zasadniczego kryterium oceny.

Kryterium oceny: Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N , ha/rok.

= Areal zasiewów zbóż i roślin technologicznie podobnych, ha.

Tolerancja oceny: Do 30% zależnie od specyficznych uwarunkowań gospodarstwa.

7.13. Siewniki punktowe

Tabela 32 Wskaźniki wykorzystania siewników punktowych

Szerokość robocza	Liczba sekcji	Moc ciągnika	Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N	Minimalny areał buraków, kukurydzy A	Okres eksploatacji T	Potencjał eksploatacyjny T_H	Współczynnik korekcyjny k	Wydajność eksploatacyjna W_{07}
m	szt.	kW	ha/rok	ha	lata	godz.	-	ha/godz.
Siewniki do buraków								
3 *	6	35	12,8	4	25	800	0,5	0,80
3	6	35-40	16,9	6	25		0,55	0,96
4	8	40-55	32,4	15	20		0,6	1,35
6	12	60-75	48,0	25	20		0,65	2,00
9	18	80-100	67,6	40	20		0,7	2,60
Siewniki do kukurydzy								
3*	4	35	14,4	4	25	800	0,5	0,90
3	4	35-40	16,8	6	25		0,5	1,05
4,5	6	40-55	36,3	15	20		0,55	1,65
6	8	60-75	50,4	25	20		0,6	2,10
9	12	80-110	70,2	40	20		0,65	2,70

* Siewnik mechaniczny; ** Zapotrzebowanie mocy zależne od modelu siewnika, w tym pojemności zbiorników na nasiona i opcji wyposażenia, np. dogłębowa aplikacja nawozów mineralnych.

Kryteria oceny: -

Podstawowe – minimalne wykorzystanie w roku W_R^N , ha/rok.

Dodatkowe – areał A zasiewów buraków cukrowych lub kukurydzy, ha.

Wartości kryterium dodatkowego A (areał zasiewów buraków cukrowych lub kukurydzy) przyjęto arbitralnie, z uwzględnieniem ocen ekspertów.

7.14. Opryskiwacze polowe

Zwykle wydajność (pojemność i szerokość robocza) opryskiwacza powinna umożliwić wykonanie zabiegu chemicznej ochrony roślin największej z upraw w ciągu 1 dnia (ok. 7,5 godz.), a ogółu pól w ciągu 3-4 dni. W związku z powyższym minimalna wydajność opryskiwacza dla gospodarstwa powinna wynosić co najmniej:

$$W_{07} = 0,33 \frac{A_z}{7,5} \left[\frac{\text{ha}}{\text{godz.}} \right]$$

gdzie:

W_{07} – wydajność eksploatacyjna opryskiwacza, ha/godz.,

A_z – powierzchnia zasiewów, ha,

0,33 – założony udział największej plantacji w strukturze zasiewów, 7,5 – graniczny czas oprysku jednego gatunku roślin uprawnych, godz.

Dla innej od założonej struktury zasiewów wydajność opryskiwacza należy dobrać pod kątem

największej z upraw. Intensywna uprawa roślin polowych często wymaga większej od wyżej przyjętej liczby zabiegów chemicznej ochrony. Przy założeniu wyższych od przeciętnych plonów, co wiąże się zwykle z koniecznością stosowania większej niż przeciętna liczba oprysków, np. 4-5, minimalna powierzchnia zasiewów AZ (ha) będzie odpowiednio niższa od podanej w tabeli 33.

Tabela 33 Wskaźniki wykorzystania opryskiwaczy polowych

Pojemność zbiornika	Szerokość robocza*	Minimalne wykorzystanie w roku ** W_R^N	Minimalna powierzchnia zasiewów ** A_Z	Okres eksploatacji T	Potencjał eksploatacyjny T_H	Współczynnik korekcyjny k	Wydajność eksploatacyjna W_{07}
L	m	ha/rok	ha	lata	godz.	-	ha/godz.
400	12-15	27	9	20	1000	0,4	1,35
600	12-15	42	14	20		0,45	1,85
800	12-15	62	21	20		0,55	2,25
1000	15-18	81	27	18		0,55	2,65
1500	18-21	115	38	18		0,6	3,45
2000	18-24	152	51	16		0,6	4,05
3000	21-24	208	69	15		0,6	5,2
4000	24-27	236	79	15		0,6	5,9

* Szerokość robocza nie stanowi kryterium oceny doboru. Jest to orientacyjny zakres szerokości belek polowych poszczególnych opryskiwaczy. ** Założenie: Zabieg chemicznej ochrony każdej z roślin uprawnych jest wykonywany przeciętnie 3-krotnie w ciągu sezonu agrotechnicznego. Największa jednorodna uprawa zajmuje do 33% powierzchni zasiewów (gruntów ornych) gospodarstwa.

Kryteria oceny:

Podstawowe – minimalne wykorzystanie w roku W_R^N (ha/rok).

Dodatkowe – powierzchnia zasiewów (gruntów ornych) A_Z (ha).

Tolerancja oceny:

Do 20-25% z uwagi na specyfikę technologii produkcji i zakres wykorzystania opryskiwacza (np. większa niż 3 liczba zabiegów opryskiwania upraw, w tym nawożenie dolistne).

Zmniejszenie wartości wskaźników W_R^N (ha/rok) i A_Z (ha) w zależności od średniej odległości gruntów ornych od siedliska: powyżej 3 km o 15%, powyżej 4 km o 17%, powyżej 5 km o 20%.

7.15. Prasy zbierające

Na potencjalne wykorzystanie pras zbierających składa się zarówno zbiór słomy pokombajnowej jak również zbiór siana z 2-3 pokosów. W przypadku zwłaszcza pras wielkogabarytowych należy także uwzględnić wykorzystanie tych maszyn do zbioru miskantusa uprawianego na cele energetyczne.

Tabela 34 Wskaźniki wykorzystania pras zbierających

Rodzaj prasy	Wymiary beli	Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N	Areał zbóż	Areał łąk 2,5-kośnych	Okres użytkowania T	Potencjał eksploatacyjny TH	Współczynnik korekcyjny k	Wydajność eksploatacyjna W07
	m	ha/rok	ha/rok	ha/rok	lata	godz.	-	ha/godz.
„Mała kostka”	0,46×0,36-0,4×1,0	15	15	6,1	25	1300	0,45	0,65
Zwijająca	1,2 × 1,2	26	26	10,4	25	1300	0,5	1
	1,5 × 1,2	33	33	13,2	25		0,55	1,15
	1,65-1,85 × 1,2*	44	44	17,6	25		0,65	1,3
Wielkogabarytowa	0,8×0,5×1,25	68	68	27,0	20	1300	0,65	1,6
	0,8×0,7×1,5	116	116	46,2	20	1500	0,7	2,2
	1,2×0,7×2,2	168	168	67,2	20	1500	0,7	3,2

* prasy zwijające zmiennokomorowe

Kryteria oceny: - Podstawowe – minimalne wykorzystanie w roku W_R^N , ha/rok.

- Dodatkowe – powierzchnia uprawy zbóż lub powierzchnia łąk 2 lub 3-kośnych (przyjęto średnio 2,5) oraz np. powierzchni zbioru miscantusa (dot. pras wielkogabarytowych), ha.

Tolerancja oceny: Do 20% w zależności od specyficznych uwarunkowań prowadzonej działalności rolniczej.

7.16. Platformy do bel siana i słomy

Platformy do bel siana i słomy to specjalistyczne przyczepy rolnicze wykorzystywane do przewozu sprasowanej słomy i siana, w tym powiędnętej zielonki (na sianokiszonkę) w postaci cylindrycznych bel lub prostopadłościennych kostek (balotów). Przystosowane są one również do transportowania ładunków umieszczonych na paletach lub w skrzyniopaletach. Cechą charakterystyczną tych przyczep jest duża powierzchnia ładunkowa (od 15 do 30 m²) oraz niskie położenie podłogi (od 1,0 do ok. 1,35 m), a także brak burt bocznych, co ułatwia załadunek bel na przyczepę. Platformy wyposażone są w ażurowe ściany (ramy) oporowe umieszczone w przedniej i tylnej części przyczepy, które zabezpieczają przewożone bele przed stoczeniem się z przyczepy. W większości modeli platform tylna rama oporowa może być wysuwana o około 1 m celem zwiększenia powierzchni ładunkowej i dostosowania pojemności przyczepy do liczby i rozmiarów przewożonych bel.

Typowe cylindryczne bele (o wymiarach 1,2×1,2 m) układa się na platformie w dwóch rzędach obok siebie i najczęściej w dwóch warstwach jedna na drugiej, a sporadycznie w 3 warstwach, zależnie od rodzaju i masy przewożonych bel i ładowności przyczepy oraz warunków drogowych. Trzeba zwrócić uwagę, że łączna wysokość platformy z trzema warstwami typowych bel wynosi od 4,3 do 4,5 m. Jazda tak załadowanej przyczepy po drogach publicznych jest zabroniona, gdyż według przepisów o ruchu drogowym wysokość pojazdu z ładunkiem nie może przekraczać 4 m. W związku z powyższym przewożenie bel w 3 warstwach możliwe jest tylko podczas transportu po drogach wewnętrznych gospodarstwa pod warunkiem, że masa bel nie przekracza

dopuszczalnej ładowności technicznej przyczepy, a trasa przejazdu jest wolna od przeszkód terenowych (konary drzew, linie energetyczne itp.).

Dobór do gospodarstwa platform do przewozu bel, w tym ich pojemność i ładowność oraz liczba, determinowany jest liczbą, rozmiarami i masą bel pozostawionych na polu/łące po zbiorze słomy/siana, odległością transportową (pole/łąka – siedlisko gospodarstwa) oraz czasem, w jakim te bele należy zwieźć z pola/łąki do gospodarstwa.

Łączna potencjalna masa bel, jaką należy zwieźć z pola/łąki do miejsca składowania jest pochodną plonu i areалу uprawy poszczególnych gatunków zbóż i ewentualnie rzepaku oraz plonu traw i areálu łąk, czy też plonu i areálu motylkowych na gruntach ornych. Masa pojedynczej beli zależy od jej rozmiarów, rodzaju i wilgotności zebranego materiału, zanieczyszczeń (np. ziemią, chwastami) oraz rodzaju prasy i stopnia sprasowania beli. Ciężar typowej cylindrycznej beli słomy o wymiarach 1,2×1,2m wynosi od 100 do 220 kg (średnio 150 kg). Bela podwiniętej zielonki (na sianokiszonkę) waży od 300 do 800 kg (przeciętnie około 450 kg), a bela siana (wilgotność 20%) około 150-250 kg, średnio 200 kg.

Okres czasu, w jakim należy zwieźć z poszczególnych pól bele sprasowanej słomy wynosi zwykle 1 lub 2 dni, z uwagi na konieczność wykonania szybkiej uprawy rżyska po zbiorze zbóż, względnie, aby uniknąć zawilgocenia słomy w przypadku opadu deszczu. Zwózka bel siana lub zielonki na sianokiszonkę powinna być wykonana bezpośrednio po uformowaniu bel prasą, a więc tego samego dnia lub nawet tej samej godziny. Wynika to z ryzyka zamoknięcia bel w przypadku pogorszenia pogody i opadów deszczu, a ponadto, aby nie dopuścić do pogorszenia jakości sprasowanej paszy (gnicie beli na styku z podłożem, niekontrolowana fermentacja beli przy swobodnym dostępie powietrza).

Odległość przewozów jest tym czynnikiem, który bezpośrednio wpływa na czas i wydajność transportu zebranych bel, a w konsekwencji, przy ograniczonym czasie na wykonanie tego zadania, determinuje niezbędną pojemność i ładowność środków przewozowych. Zwiększenie odległości pomiędzy polem (miejszem załadunku bel na platformę) a miejscem składowania bel z 0,5 km do 6 km, wydłuża czas transportu (tam i z powrotem) o 35-40 minut. Natomiast czas jednego cyklu transportowego (załadunek bel na platformę, dojazd do gospodarstwa, rozładunek bel, powrót na pole) platformy o ładowności 24 bel zwiększa się blisko 2-krotnie, z 55-60 minut do 95-100 minut. W tej sytuacji, przy określonej liczbie godzin lub dni na zwózkę bel, liczba lub wydajność (pojemność) platform do transportu bel z pól/łąk oddalonych od siedliska o 6 km powinna być dwukrotnie większa, niż z pól/łąk oddalonych o 0,5 km.

Ponadto ważnym zagadnieniem jest dostosowanie liczby i masy przewożonych bel do określonej ładowności platformy. Platformą o długości powierzchni ładunkowej wynoszącej 7 m i ładowności 9 ton można przewieźć w 2 warstwach 24-26 bel słomy o wymiarach 1,2×1,2

m. Łączna masa tych bel wyniesie przeciętnie 3,9 ton (26·150 kg), a w skrajnych przypadkach nawet 5,2 ton, a więc w zakresie dopuszczalnej ładowności przyczepy. Natomiast w przypadku załadunku na platformę cięższych bel sianokiszonki (średnio 450 kg/belę) ich maksymalna liczba nie powinna być większa niż 20 szt. (20 bel·450 kg = 9 ton).

Na podstawie powyższych danych i założeń można precyzyjnie wyznaczyć łączną liczbę i masę bel określonego rozmiaru, jaką należy przewieźć do miejsca składowania w warunkach danego gospodarstwa, w tym również w podziale na poszczególne dni lub dekady. Takie *quasi* technologiczne podejście umożliwia precyzyjny dobór platformy o określonej pojemności (liczba bel) i ładowności (masa bel). Z uwagi na dużą pracochłonność powyższej metody, a także oczywistą zmienność i rozrzut wartości przyjmowanych do obliczeń danych (rodzaj i wilgotność

zbieranego materiału, kształt, rozmiary i masa bel, odległości przejazdów itp.), a także zróżnicowanie struktury upraw w kolejnych latach, proponujemy podejście uproszczone, według metody wskaźnikowej.

Wskaźnikowa metoda doboru platform do przewozu bele słomy i siana

Metoda ta polega na porównaniu areалу uprawy zbóż i ewentualnie rzepaku, a także areálu łąk oraz roślin motylkowych uprawianych na gruntach ornych, z długością powierzchni ładunkowej platformy. Areál powyższych użytków pozwala w pewnym przybliżeniu na określenie potencjalnej masy i liczby bel słomy lub siana, które należy zwieźć do miejsca ich magazynowania. Natomiast długość powierzchni ładunkowej przyczepy decyduje o maksymalnej liczbie ułożonych na platformie bel.

Założenia:

Zgodnie z wcześniejszymi wyjaśnieniami założono ułożenie typowych bel (1,2×1,2 m) w dwóch rzędach i tylko w 2 warstwach.

Przy ustalaniu długości platformy ładunkowej należy określić podstawową długość powierzchni ładunkowej przyczepy (według specyfikacji technicznej), bez uwzględnienia możliwości wysuwu tylnej rampy oporowej. Możliwość poruszenia się po drogach publicznych platform z wysuniętą tylną rampą zależy od homologacji konkretnego modelu przyczepy. Istotna jest w tym przypadku zarówno łączna długość przyczepy (maksymalnie 12 m), jak również widoczność oświetlenia.

Założono, że w gospodarstwie uprawia się co najmniej 2 gatunki zbóż, których słoma zwożona jest w oddzielnych terminach.

Przyjęto, że stosowanie platform do bel siana/słomy jest uzasadnione w gospodarstwach dysponujących co najmniej 10 ha odpowiednich upraw i łąk kośnych. W mniejszych gospodarstwach (przy mniejszym areale zbóż i łąk) do przewozu bel można wykorzystać typowe przyczepy rolnicze. Jest to rozwiązanie mniej wygodne i wydajne, niż zastosowanie specjalistycznych platform transportowych, ale za to bardziej opłacalne biorąc pod uwagę skalę produkcji i możliwości wykorzystania przyczepy.

W rezultacie powyższych założeń przyjęto, że kryterium doboru przyczepy o określonej długości powierzchni ładunkowej jest areál uprawy w/w roślin oraz areál łąk. Wskaźniki doboru platform do transportu bel słomy i siana zamieszczono w tabeli 35.

Tabela 35 Wskaźniki doboru platform do bel słomy i siana

Długość powierzchni ładunkowej platformy		Areál odpowiednich upraw* i łąk, ha
kategoria	m	
A	6 do 7	10 ÷ 15
B	7 do 8	15 ÷ 25
C	8 do 9	25 ÷ 35
D	9 do 10	35 ÷ 45
E	10 do 11	45 ÷ 65
F	11 do 12	> 65

Kryterium doboru: kryterium doboru przyczepy o określonej długości powierzchni ładunkowej

(kategorii) jest areal odpowiednich upraw łącznie z powierzchnią łąk.

Tolerancja oceny: Standardowa 25%

Możliwość wyboru platformy o 1 kategorię większą (np. platforma kategorii C zamiast B) w przypadku, gdy średnia odległość pola/łąki od siedliska gospodarstwa wynosi co najmniej 3 km, lub o 2 kategorie większą (np. platformę D zamiast B), gdy ta odległość wynosi co najmniej 5 km.

Możliwość wyboru platformy o 1 kategorię większą, gdy udział łąk i roślin motylkowych na gruntach ornych przekracza 40% ogółu powierzchni zbóż, rzepaku, łąk i roślin motylkowych na gruntach ornych, względnie o 2 kategorie większą, gdy udział ten wynosi 60%.

7.17. Przyczepy zbierające (zbieracze) do siana i słomy

Tabela 36 Wskaźniki wykorzystania przyczep zbierających

Objętość skrzyni ładunkowej	Moc ciągnika	Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N	Powierzchnia łąk przy zbiorze siana z 3 pokosów Ł	Okres użytkowania T	Potencjał eksploatacyjny T_H	Współczynnik korekcyjny k	Wydajność eksploatacyjna * W_{07}
m^3	kW	ha/rok	ha	lata	godz.	-	ha/godz.
10	22	17	5,8	25	1400	0,60	0,45
12	25	21	7,0				0,55
15	30	26	8,7				0,68
20	38	38	13			0,70	0,85
25	45	46	15				1,03
28	52	50	17				1,12
40	70	63	21				1,40

* Średni plon siana z trzech pokosów 2,64 t/ha

Kryteria oceny: - Podstawowe – minimalne wykorzystanie w roku W_R^N , ha/rok,

- Dodatkowe – powierzchnia łąk 3-kośnych Ł (ha) oraz areal zbioru słomy pokombajnowej, ha.

Najczęściej przyczepy zbierające są wykorzystywane do zbioru siana z 2-3 pokosów. Coraz rzadziej maszyny te wykorzystuje się także do zbioru słomy po zbiorze zbóż.

Obliczenie powierzchni potencjalnego wykorzystania przyczepy zbierającej:

$$W_R = \text{Ł}3 + A_{ZB} [ha],$$

gdzie:

Ł – powierzchnia łąk, ha,

A_{ZB} – powierzchnia zbóż, ha,

3 – liczba pokosów - krotność zbioru siana w ciągu roku.

Przy zastosowaniu przyczepy wyłącznie do zbioru siana kryterium racjonalności jej zakupu będzie powierzchnia łąk koszonych 3-krotnie.

PRZYKŁAD nr 1:

W gospodarstwie posiadającym 5 ha łąk koszonych 3-krotnie w ciągu roku oraz 10 ha zbóż,

z których słoma jest zbierana przyczepą zbierającą, łączna powierzchnia jej wykorzystania w ciągu roku wynosi: $W_R = 3 \times 5 \text{ ha} + 10 \text{ ha} = 15 + 10 = 25 \text{ ha}$.

W tym gospodarstwie zasadne jest stosowanie przyczepy zbierającej o pojemności 12-15 m³.

7.18. Zasady doboru opryskiwaczy sadowniczych

W sadownictwie stosuje się opryskiwacze zawieszane o pojemności zbiornika 300-400 dm³ oraz opryskiwacze zaczepiane o pojemności 1000, 1500 i 2000 dm³. Obecnie w użyciu dominują opryskiwacze 1000 dm³. Opryskiwacze zwieszane (300-400 dm³) są przeznaczone do niewielkich sadów o powierzchni do 2-3 ha. Większe, pojemne opryskiwacze (1000 dm³) zaleca się stosować w gospodarstwach posiadających co najmniej 4 ha sadu, a opryskiwacze 1500 i 2000 dm³ od około 10 ha jednego gatunku (tab. 37).

Tabela 37 Wydajność eksploatacyjna opryskiwaczy sadowniczych i zalecana minimalna powierzchnia sadu

Pojemność opryskiwacza dm ³	Zalecana powierzchnia sadu*	Dawka oprysku 500 dm ³ /ha		Dawka oprysku 1000 dm ³ /ha	
		Wydajność eksploatacyjna W ₀₇ ha/godz.	Powierzchnia oprysku w czasie 8 godzin ha	Wydajność eksploatacyjna W ₀₇ ha/godz.	Powierzchnia oprysku w czasie 8 godzin ha
300-400	do 3	0,85	6,8	0,55	4,4
1000	od 3	1,35	10,8	0,95	7,6
1500	od 8	1,45	11,6	1,05	8,4
2000	od 10	1,50	12,0	1,15	9,2

*Powierzchnia gatunku drzew wymagających oprysku w ciągu jednego dnia

Źródło: Obliczenia A. Muzalewski.

Wydajność eksploatacyjna zabiegu opryskiwania = ilość pracy (w ha) wykonana w czasie eksploatacyjnym (np. 8 godzin w ciągu dnia), na który składają się czasy: efektywnego oprysku sadu, nawrotów, przejazdów pomiędzy gospodarstwem a sadem, napełniania zbiornika i przygotowania środka chemicznego, regulacji maszyny itp. Celem usprawnienia zabiegów w określonym czasie konieczny jest zakup większego (pojemnościowo), ale mogącego wjechać w ścieżki technologiczne opryskiwacza.

Terminowość i czas oprysku

Sadownik musi mieć możliwość wykonania zabiegu jednego gatunku drzew w danym dniu (ok. 8-9 godzin pracy, do południa i wieczorem), co wynika z agrotechniki zapobiegania określonych chorób (np. parch jabłoni, gruszy). Ta liczba godzin pracy opryskiwacza może jeszcze ulec ograniczeniu z uwagi np. na pojawienie się wiatru, który utrudnia przeprowadzenie skutecznego zabiegu. W dużym, specjalistycznym gospodarstwie sadowniczym wielkość i liczbę opryskiwaczy dobiera się pod kątem gatunku zajmującego największą powierzchnię. Te gospodarstwa dysponują często zapasowym zestawem do oprysku na wypadek awarii posiadanego sprzętu.

Liczba opryskiwaczy niezbędnych do terminowego oprysku sadu zależy od jego powierzchni i struktury gatunkowej oraz stosowanych preparatów i dawek aplikacyjnych. Należy zwrócić uwagę, że niektórych substancji nie powinno się łączyć w tym samym opryskiwaczu co

zdecydowanie wydłuża czas dokonania właściwego zabiegu. W uproszczeniu tę liczbę opryskiwaczy można wyznaczyć ze wzoru:

$$L_o = \frac{A_s}{t_o \cdot W_{07}}$$

gdzie:

L_o – liczba opryskiwaczy o określonej pojemności (wydajności),

A_s – powierzchnia jednorodnego gatunku drzew, krzewów, ha,

W_{07} – wydajność eksploatacyjna opryskiwacza, ha/godz.,

t_o – czas oprysku w ciągu dnia (do 8-9 godzin), godz.

Powierzchnia sadu, jaką w ciągu dnia można opryskać przy użyciu jednego opryskiwacza, jest tym mniejsza, im wyższa jest dawka oprysku oraz mniejsza pojemność zbiornika maszyny. Wzrost odległości pomiędzy sadem a miejscem napełniania zbiornika wodą wydłuża czas przejazdów transportowych, a w konsekwencji zmniejsza dzienną (eksploatacyjną) wydajność oprysku, co zwłaszcza w bardzo dużych sadach wymaga zastosowania większej liczby lub bardziej wydajnych opryskiwaczy.

Czas oprysku zależy też od mocy współpracującego ciągnika, gdyż dużo mocy wymaga napęd przystawki wentylatorowej. Użycie ciągnika o mniejszej mocy zdecydowanie ogranicza wydajność opryskiwania.

Dawka oprysku: dawniej stosowano duże dawki cieczy, nawet 1500 i 2000 dm³/ha, co jednak wiązało się z koniecznością częstego napełniania zbiornika i ograniczało wydajność powierzchniową oprysku (ha/godz.). Obecnie zaleca się dawki kilkusetlitrowe (250-750 dm³ i sporadycznie 1000 dm³/ha). Stosowane dawki, a w konsekwencji dzienne wydajności oprysku zależą między innymi od gatunku i wielkości drzew.

Pojemność opryskiwacza

W sadach nie można zastosować dużego ciągnika, który mógłby współpracować z pojemnym i wydajnym opryskiwaczem, tak jak to ma miejsce w uprawach polowych. Pojemność i wydajność eksploatacyjną opryskiwacza ogranicza moc i gabaryty współpracującego ciągnika oraz możliwość poruszania się agregatu w wąskich międzyrzędziach. Obecnie sadownicy stosują przede wszystkim ciągniki o mocy do 60-65 kW (82-88KM). Do wąskich sadów zaleca się ciągniki o mocy do 45 kW (61KM) i z konieczności nieco mniejsze, mniej wydajne opryskiwacze.

Wykorzystanie opryskiwaczy sadowniczych

Towarowa produkcja sadownicza wymaga dużej liczby zabiegów chemicznej ochrony drzew. W jabłoniach znaczną część zabiegów wykonuje się prewencyjnie: na parcho 12-15 oprysków i dodatkowo na szkodniki, razem do 20 i więcej zabiegów. W pozostałych gatunkach wykonuje się od 5-6 do ok. 10 zabiegów chemicznej ochrony drzew i krzewów (tab. 38).

W rezultacie w 20-hektarowym sadzie jabłoniowym roczne nakłady pracy opryskiwaczy 1000 dm³ mogą wynosić od 300 do 500 godzin pracy czasu eksploatacyjnego, w zależności od dawki oprysku, a nawet więcej przy znacznym rozproszeniu i odległości sadu od siedliska gospodarstwa.

Tabela 38 Przeciętna liczba oprysków i nakładów pracy ciągników w uprawach sadowniczych

Gatunek	Plon (t/ha)	Liczba oprysków	Nakłady pracy ciągników godziny
Jabłka	30-35	20	41-58
Grusza	15-20	10	35-46
Śliwa	15-20	8	26-33
Wiśnia	10-20	10	70-72
Czereśnia	10-25	10	100
Brzoskwinia	10-20	10	36
Malina	6-10	10	42
Agrest	5-9	6	51
Porzeczka	6-15	5-7	28-38
Borówka	4-10	5	38
Truskawka	do 10	10	40
Leszczyna	1-4	5	10

Źródło: Opracowania A. Muzalewski.

7.19. Bierne narzędzia i maszyny do głębokiej uprawy bezorkowej

Maszyny do głębokiej uprawy odgrywają kluczową rolę w poprawie struktury gleby, zwiększaniu jej przepuszczalności oraz poprawie zdolności retencji wody. Ich zastosowanie wpływa korzystnie zarówno na wydajność upraw, jak i ochronę środowiska, ograniczając degradację gleby oraz poprawiając jej zdolność do magazynowania składników odżywczych. Zasada doboru maszyn do głębokiej uprawy, jest analogiczna do zasad opisanych szczegółowo w rozdziale 7.4, generalnie polegająca na doborze maszyn w zależności od mocy ciągnika.

Plugi dłutowe

Plugi dłutowe to maszyny przeznaczone do głębokiej uprawy gleby, które pozwalają na jej spulchnienie bez odwracania warstw. Stosowanie pługów dłutowych poprawia strukturę gleby poprzez rozbijanie podeszwy płużnej, co sprzyja lepszemu napowietrzeniu oraz zwiększa zdolność gleby do zatrzymywania wody. Dzięki temu system korzeniowy roślin ma łatwiejszy dostęp do składników odżywczych i może lepiej się rozwijać.

Plugi dłutowe są szczególnie przydatne w gospodarstwach stosujących systemy uproszczonej uprawy, gdyż minimalizują ingerencję w profil glebowy, zmniejszają erozję oraz poprawiają warunki dla mikroorganizmów glebowych. Ich zastosowanie może również przyczynić się do zwiększenia plonów oraz ograniczenia strat wody. Ekonomiczne aspekty ich stosowania to redukcja kosztów paliwa i czasu pracy w porównaniu do tradycyjnej orki.

Głębosze

Głębosze to narzędzia przeznaczone do głębokiego spulchniania gleby, stosowane głównie w celu rozluźnienia warstw podpowierzchniowych bez ich mieszania. Dzięki głęboszowaniu poprawia się przepuszczalność gleby, co ułatwia infiltrację wody oraz zwiększa jej magazynowanie w profilu glebowym. Jest to szczególnie istotne na terenach narażonych na susze oraz tam, gdzie podeszwa płużna utrudnia prawidłowy rozwój systemu korzeniowego roślin.

Stosowanie głęboszy może przyczynić się do poprawy warunków uprawowych poprzez lepsze

napowietrzenie gleby, zwiększenie aktywności biologicznej oraz poprawę struktury gleby poprzez zerwanie podeszwy płuźnej, co przekłada się na wyższe plony.

Głębosze z wałami doprawiającymi

Głębosze z wałami doprawiającymi to maszyny, które nie tylko rozluźniają głębsze warstwy gleby, ale także wyrównują jej powierzchnię, co eliminuje potrzebę dodatkowej uprawy przed siewem. Ich zastosowanie przyczynia się do poprawy struktury gleby i eliminuje problem podeszwy płuźnej, umożliwiając roślinom swobodny rozwój systemu korzeniowego. Dzięki lepszemu napowietrzeniu i zwiększonej zdolności magazynowania wody, gleba staje się bardziej odporna na zmienne warunki pogodowe, co zmniejsza ryzyko strat spowodowanych suszą.

Pod względem ekonomicznym głębosze z wałami doprawiającymi pozwalają na redukcję kosztów związanych z przygotowaniem gleby, ponieważ eliminują konieczność wykonywania kilku oddzielnych zabiegów uprawowych. Dzięki temu rolnicy mogą zaoszczędzić zarówno czas, jak i paliwo, a zmniejszenie liczby przejazdów maszyn pozytywnie wpływa na żywotność sprzętu rolniczego. Co więcej, poprawiona struktura gleby sprawia, że składniki odżywcze są lepiej wykorzystywane przez rośliny, co przekłada się na ograniczenie wydatków na nawozy i zwiększenie opłacalności produkcji.

Dzięki zastosowaniu nowoczesnych maszyn do głębokiej uprawy możliwe jest nie tylko zwiększenie efektywności pracy w gospodarstwie, ale także poprawa stanu gleby i redukcja negatywnego wpływu rolnictwa na środowisko. Inwestycja w tego typu rozwiązania pozwala rolnikom na bardziej zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi oraz optymalizację kosztów produkcji, co w dłuższym okresie przekłada się na wyższą rentowność i lepsze plony.

Grubery (agregaty kultywatorowe do głębokiej uprawy)

Grubery to nowoczesne maszyny rolnicze, które umożliwiają głębokie spulchnienie gleby bez jej odwracania, co sprzyja poprawie jej struktury i napowietrzenia. Dzięki temu rośliny mogą lepiej się ukorzeniać i efektywniej pobierać składniki odżywcze. Pozostawienie resztek poźniwnych na powierzchni pola ogranicza erozję gleby, co ma kluczowe znaczenie dla ochrony środowiska. Dodatkowo, poprawiona zdolność gleby do magazynowania wody sprawia, że rośliny są mniej podatne na suszę, co w dłuższej perspektywie pozwala na ograniczenie kosztów związanych z nawadnianiem.

Z ekonomicznego punktu widzenia stosowanie grubera oznacza oszczędność paliwa w porównaniu do tradycyjnej orki, ponieważ wymaga mniejszej siły uciągu. Dzięki temu rolnicy mogą ograniczyć koszty eksploatacyjne, a także zmniejszyć zużycie maszyn, co przekłada się na ich dłuższą żywotność. Lepsza struktura gleby pozwala również na efektywniejsze wykorzystanie nawozów, co redukuje potrzebę ich stosowania i obniża wydatki na środki produkcji.

Uprawa uproszczona - Uprawa pasowa - strip-till (głęboka)

Uprawa uproszczona staje się coraz bardziej popularna w polskim rolnictwie. Pozwala ona na ograniczenie erozji gleby, poprawę retencji wody oraz redukcję kosztów związanych z eksploatacją maszyn rolniczych. Maszyny do głębokiej uprawy pasowej to zaawansowane technologicznie urządzenia, które umożliwiają precyzyjne spulchnienie gleby w pasach, pozostawiając międzyrzędzia nienaruszone.

Uprawa pasowa (strip-till) łączy zalety uprawy uproszczonej i tradycyjnej, zapewniając optymalne warunki dla wzrostu roślin.

Agregaty do uprawy pasowej przynoszą rolnikom wiele korzyści. Mają możliwość ustawiania dowolnego rozstawu sekcji uprawowej oraz mogą posiadać różne ilości modułów uprawowych, dobieranych w zależności od uprawianego areалу. W ten sposób tworzą korzystne warunki do siewu i wschodów roślin oraz wspierają rozwój systemu korzeniowego. Jednak mogą również prowadzić do wzrostu zachwaszczenia pola. W takiej sytuacji konieczne jest zastosowanie mechanicznych metod odchwaszczania, takich jak pielniki i chwastowniki, lub chemicznej ochrony w postaci herbicydów.

Maszyny do uprawy pasowej pomagają ograniczyć utratę materii organicznej z gleby, a także zwiększają zdolność gleby do zatrzymywania wody, co ma kluczowe znaczenie dla wzrostu roślin przy wschodach, w początkowych fazach rozwoju. Jest to szczególnie istotny aspekt w rejonach podatnych na suszę. Rolnicy mogą wybierać spośród różnych narzędzi, takich jak pługi dłutowe czy głębosze. Uprawa pasowa wraz z łączeniem zabiegów: uprawa gleby, precyzyjna aplikacja nawozów pod korzeń i siew nasion, ogranicza liczbę przejazdów maszyn, dzięki czemu ugniecenie, zagęszczenie gleby jest mniejsze. Dodatkowo, precyzyjne umieszczanie nawozów w pasach siewnych zwiększa ich efektywność, zmniejszając tym samym ryzyko wymywania składników odżywczych do głębszych warstw gleby i zanieczyszczania wód gruntowych.

Ekonomiczne korzyści wynikają przede wszystkim z ograniczenia liczby przejazdów maszyn po polu, co redukuje zużycie paliwa i zmniejsza koszty pracy. Mniejsze zużycie paliwa skutkuje ograniczeniem negatywnego wpływu powstałych emisji z jego spalania na atmosferę. Ponadto, dzięki precyzyjnemu nawożeniu, rolnicy mogą zmniejszyć ilość stosowanych środków produkcji, jednocześnie zapewniając roślinom optymalne warunki wzrostu. W efekcie poprawia się efektywność gospodarowania, a plony osiągają wyższą jakość.

Ilość i wielkość agregatów maszyn/narzędzi musi być dobrana w zależności od mocy ciągnika.

7.20. Maszyny do uprawy płytkiej

Agregaty do uprawy powierzchniowej

Agregaty do uprawy powierzchniowej to maszyny przeznaczone do płytkiego spulchniania gleby, które umożliwiają przygotowanie pola do siewu bez konieczności wykonywania głębokiej orki. Ich zastosowanie pozwala na zachowanie większej ilości resztek poźniwnych na powierzchni gleby, co ogranicza erozję oraz zwiększa zawartość materii organicznej.

Agregaty te mogą być wyposażone w różne elementy robocze, takie jak talerze, zęby czy wały doprawiające, co pozwala na dostosowanie ich do różnych warunków glebowych. Wykorzystanie agregatów do uprawy powierzchniowej przyczynia się do poprawy efektywności gospodarowania wodą, ograniczenia strat wilgoci oraz redukcji kosztów eksploatacyjnych związanych z przygotowaniem pola do siewu.

Korzyści środowiskowe stosowania agregatów obejmują ograniczenie degradacji gleby, poprawę jej żyzności oraz zmniejszenie emisji dwutlenku węgla poprzez ograniczenie liczby przejazdów maszyn rolniczych. Ekonomiczne aspekty to zmniejszenie nakładów na paliwo i pracę oraz poprawa warunków wzrostu roślin, co przekłada się na większe plony i lepszą rentowność gospodarstw.

W nowoczesnym rolnictwie agregaty te odgrywają kluczową rolę w systemach uprawy konserwującej, umożliwiając rolnikom zwiększenie efektywności uprawy przy jednoczesnym zmniejszeniu negatywnego wpływu na środowisko.

Agregaty spulchniające z wałami doprawiającymi

Agregaty spulchniające z wałami doprawiającymi łączą funkcję głębokiego spulchniania gleby z jej zagęszczaniem i wyrównywaniem, co pozwala na uzyskanie optymalnych warunków do siewu. Tego typu maszyny pomagają ograniczyć ryzyko erozji, szczególnie na glebach lekkich, gdzie luźna struktura mogłaby prowadzić do wymywania składników odżywczych. Dodatkowo, dzięki równomiernemu spulchnieniu i zagęszczeniu, gleba lepiej zatrzymuje wodę, co pozwala na jej bardziej efektywne wykorzystanie przez rośliny i zmniejsza konieczność nawadniania.

Pod względem ekonomicznym zastosowanie agregatów spulchniających znacząco skraca czas pracy w polu, ponieważ łączą one kilka operacji w jednym przejeździe. Dzięki temu rolnicy mogą zmniejszyć liczbę przejazdów maszyn, co prowadzi do redukcji kosztów paliwa i obniżenia stopnia zużycia sprzętu. Poprawa warunków glebowych wpływa również na lepszy rozwój systemu korzeniowego roślin, co przekłada się na wyższe plony i zwiększenie efektywności produkcji rolniczej.

Uprawa uproszczona - Uprawa pasowa - strip-till (płytki)

Uprawa uproszczona strip-till (płytki), polega na płytkim spulchnianiu całej powierzchni pola. Płytki system uprawy charakteryzuje się mniejszym obciążeniem silnika ciągnika, co zmniejsza ilość spalanej paliwa. Poza tą różnicą zalety uprawy strip-till płytkiej są takie same jak w przypadku uprawy strip-till głębokiej. Dobór agregatowanych maszyn i narzędzi zależy od mocy ciągnika – analogicznie jak przy uprawie pasowej strip-till głębokiej.

7.21. Ładowacze i ładowarki rolnicze

7.21.1 Ładowacze ciągnikowe

Ładowacz ciągnikowy to niezastąpione urządzenie dla prawie każdego gospodarstwa rolnego. Ładowacz uwalnia rolnika od większości ciężkich prac za- i rozładunkowych, wykonywanych wcześniej ręcznie przy użyciu widel, łopaty lub szufli. Nieporównywalnie zwiększa się także wydajność tych prac. Trudno w związku z tym odmówić rolnikowi zasadności zakupu ładowacza, mając na względzie uciążliwość i pracochłonność wykonywanych prac, zwłaszcza w gospodarstwie prowadzącym chów zwierząt.

Zakres zastosowań tych urządzeń jest bardzo szeroki. Służą one do codziennego usuwania odchodów zwierzęcych z korytarzy gnojowych, jak i do okresowego usuwania obornika z obory lub chlewni z głęboką ściółką, do formowania przyzmy na gnojowni i załadunku obornika na rozrzutnik. Ponadto są one stosowane do załadunku rozsiewaczy wapna i nawozów, do różnych prac związanych z przemieszczaniem słomy, kiszonki i siana, w pracach remontowo-budowlanych, do zbioru kamieni z pola, załadunku buraków z przyzmy na przyczepy, czy też do przegarniania ziarna w magazynach płaskich.

Ładowacze ciągnikowe mogą pracować jako przyczepiane lub zawieszane. Największą popularnością w Polsce cieszą się ładowacze czołowe, a ich oferta jest bardzo szeroka, dostosowana do większości typów ciągników stosowanych w polskim rolnictwie. Do najważniejszych zalet ładowaczy czołowych należy zaliczyć ich niewygórowaną cenę, przynajmniej w najprostszych rozwiązaniach tych urządzeń, duży wybór oraz uniwersalność zastosowań - możliwość wykorzystania zarówno w obojściu, jak i na polu.

Intensywna eksploatacja ładowaczy czołowych może powodować przyspieszone zużycie przedniej osi (duże obciążenia w trakcie pracy z ładowaczem), a także sprzęgła ciągnika, w wyniku częstej zmiany kierunku jazdy podczas prac załadunkowych. W większości rozwiązań ładowacz czołowy jest na stałe zamontowany na ciągniku. Istnieją także ładowacze z ramą wsporczą i mechanizmem pozwalającym na łatwy demontaż ładowacza, a także z tłumikiem drgań wysięgnika, dzięki czemu zmniejszone zostają dynamiczne obciążenia przedniej osi. Ze względu na wymiary ładowacza z ciągnikiem, manewrowanie tym zestawem jest mocno ograniczone wewnątrz budynków gospodarczych, a w wielu przypadkach nie jest nawet możliwy wjazd do tych budynków.

Ładowacze zaczepiane oraz zawieszane na trójpunktowym układzie zawieszenia ciągnika predysponowane są głównie do prac stacjonarnych, w tym np. do załadunku obornika na rozrzutniki, korzeni buraków z przymy na przyczepy. Stosunkowo duża wydajność tych urządzeń wynika z możliwości swobodnego operowania chwytnikiem zamontowanym na końcu obrotowego wysięgnika, bez konieczności manewrowania samym ciągnikiem. W przypadku prac załadunkowych wymagających równoczesnego manewrowania ciągnikiem, np. pobranie beli słomy i jej transport do obory, lepszym rozwiązaniem jest ładowacz czołowy.

Ładowacze ciągnikowe wyposaża się w różnego rodzaju osprzęt, w tym np. w łyżki do materiałów sypkich, widły do obornika i do palet, widły i chwytaki do bel słomy i sianokiszonki, wybieraki kiszonki. W zależności od typu ładowacza i wielkości ciągnika mogą one operować ładunkami o masie od 300 do 2500 kg – tabela 39.

Z uwagi na stateczność układu ciągnik – ładowacz czołowy, urządzenia o dużym udźwigu i wysokości podnoszenia wymagają ciągników o większej mocy, a więc cięższych i stabilniejszych, z odpowiednio wydajnym układem hydrauliki zewnętrznej. Mniejsze ciągniki wyposaża się w dodatkowy przeciwcieżar.

Kryteria doboru ładowaczy ciągnikowych

Zasadność zakupu ładowacza ciągnikowego determinowana jest ilością prac za- i rozładunkowych w gospodarstwie. Uważa się, że gospodarstwa utrzymujące powyżej 10-15 SD zwierząt powinny być wyposażone w jeden z prostszych i tańszych typów ładowaczy. W przypadku gospodarstwa z jednym ciągnikiem będzie to ładowacz zawieszany, z uwagi na możliwość odłączenia od ciągnika. W gospodarstwach z dwoma lub większą liczbą ciągników może to być bardziej uniwersalny ładowacz czołowy. Jest on najczęściej montowany na drugim, z reguły mniejszym ciągniku, przeznaczonym do pomocniczych prac w gospodarstwie. Zakup ładowacza powinien być racjonalnie uzasadniony potrzebami danego gospodarstwa. Wybór typu ładowacza, charakteryzowanego maksymalnym udźwigiem i wysokością podnoszenia ładunków, zależy z jednej strony od dominującego w gospodarstwie rodzaju prac za- i rozładunkowych, a z drugiej – od typu posiadanego ciągnika.

Zamieszczone w tabeli 39 wskaźniki doboru ładowaczy ciągnikowych prezentujemy jako materiał pomocniczy, wskazujący na typową wielkość gospodarstw (ha UR) lub obsadę zwierząt (SD) w jednostkach produkcyjnych wyposażonych w ten rodzaj sprzętu. W związku powyższym, wartości tych wskaźników nie należy traktować jako bezwzględnych kryteriów doboru ładowaczy ciągnikowych. Powinny one być natomiast użyteczne dla identyfikacji przypadków szczególnych, wyraźnie odbiegających od warunków przeciętnych.

Tabela 39 Wskaźniki doboru ładowaczy ciągnikowych

Udźwig*	Wysokość podnoszenia	Rodzaj ładowacza	Moc ciągnika	Minimalna obsada zwierząt lub areał gospodarstwa **	
kg	m	-	kW	SD	ha
350	2,9	zawieszany	22-35	do 10-15 SD	do 10 ha
500	4,0	zaczepiany	45		
350-400	2,5-3,0	czołowy	20-37		
500-550	2,5-3,0		28-50		
500-850	3,0-3,5		35-55	10-20	,>10
1000-1400	3,0-3,5		44-70	20-25	> 25
1500-1650	3,3-3,9		60-100	25-30	> 40
1800-2200	3,5-3,9		65-110	30-35	> 60
2200-2400	4,0-4,3		90-150	>35	> 100

* Udźwig max w górnym punkcie obrotu szufli; ** Wartości orientacyjne, SD – sztuki duże

Źródło: Muzalewski 2015 - Zasady doboru maszyn rolniczych w ramach PROW na lata 2014-2020

Kryterium oceny:

- Przy doborze ładowaczy ciągnikowych wychodzimy z założenia, że każde gospodarstwo posiadające ciągnik rolniczy powinno być wyposażone w ten rodzaj sprzętu o ile uzasadnione jest to ilością i rodzajem prac przeładunkowych. W ocenie doboru ładowaczy należy zastosować podejście indywidualne.
- Głównym kryterium weryfikacji doboru będzie komplementarność z posiadanym lub nabywanym ciągnikiem, tj. dostosowanie ładowacza do określonego typu i mocy ciągnika. Dodatkowym kryterium będzie rodzaj, skala i warunki prowadzonej produkcji rolniczej, determinujące ilość i rodzaj prac przeładunkowych.

7.21.2. Ładowarki samobieżne

Samobieżne ładowarki rolnicze stanowią bardzo urozmaiconą gamę maszyn, o różnorodnych zastosowaniach, mocach silników i parametrach roboczych. Należą do nich niewielkie ładowarki podwórzowe, uniwersalne ładowarki kołowe oraz ładowarki teleskopowe. Z eksploatacyjnego punktu widzenia kryteriami wyboru ładowarek samobieżnych są:

- zakres zastosowań,
- przestrzeń w miejscu dokonywania prac przeładunkowych
- wymiary wjazdów i korytarzy w budynkach inwentarskich, magazynach,

- parametry maszyny, w tym udźwig, wysokość podnoszenia, zasięg ramienia roboczego,
- wykorzystanie roczne.

Ładowarki podwórzowe

Ładowarki podwórzowe to niewielkie czterokołowe maszyny zwane „Hoftrakami” (z niem. ciągniki podwórzowe), wyróżniające się kompaktowymi wymiarami i zwrotnością. Wysięgnik ładowarki można wyposażyć w kilkanaście łatwo wymienialnych przystawek do różnego rodzaju prac w gospodarstwie rolnym. Podstawowym zastosowaniem tych maszyn jest usuwanie obornika z korytarzy gnojowych. Równie często są one wykorzystywane do dostarczania pokarmu zwierzętom, w tym dowożenia i rozwijania bel słomy i siana, wycinania i przewożenia bloków kieszonki, a także do prac remontowo-budowlanych oraz porządkowych na terenie gospodarstwa. Podstawowe zalety ładowarek podwórzowych to duża zwrotność, a przez to możliwość prowadzenia prac na wąskim obszarze. Zwrotność tych maszyn wynika nie tylko z małych rozmiarów, ale także z przegubowej ramy, łamanej pod dużym kątem. Hydrauliczny napęd wszystkich kół pozwala na bezstopniową regulację prędkości jazdy oraz na błyskawiczną zmianę jej kierunku. Dzięki tym cechom, maszyny tego typu mogą swobodnie poruszać się w ciasnych chlewniach, oborach, stajniach, a nawet mogą wjeżdżać do poszczególnych boksów. Wykorzystywane są głównie w budynkach inwentarskich, gdzie ze względu na swe gabaryty nie może pracować ciągnik z ładowaczem.

Najmniejsze modele tych maszyn mają szerokość zaledwie 0,8-0,9 m, a wysokość 1,7-1,9 m. Mogą unosić ładunki o masie do 500-900 kg na wysokość ok. 1,8 m. Napędzane są silnikami o mocy 15-20 kW. Większe modele wyposażone są w silniki o mocy do 35-45 kW i podnoszą ładunki o masie 1500-2100 kg na wysokość do ok. 3,2 m. Szerokość typowych ładowarek podwórzowych przeznaczonych do prac wewnątrz budynków inwentarskich nie przekracza 1,15 m.

Podstawowe kryteria doboru ładowarki podwórzowej do gospodarstwa, to przede wszystkim przestrzeń w miejscu dokonywania prac przeładunkowych, wymiary bram i korytarzy w budynkach inwentarskich, magazynach oraz rodzaj i ilość wykonywanej pracy.

Istotnym kryterium doboru ładowarki do gospodarstwa jest jej budowa i parametry techniczne. Ma tu znaczenie zarówno szerokość maszyny - z uwagi na szerokość przejazdów, ganków w pomieszczeniach gospodarskich, jej wysokość - z uwagi na wymiary bram i wjazdów do budynków oraz wysokość podnoszenia (załadunek wozu paszowego, rozrzutnika, przyczepy). Te czynniki wpływają na wielkość maszyny. Ważnym parametrem jest szerokość maszyny, wpływająca na jej stabilność. Stabilność tych maszyn zmienia się wraz ze stopniem skrętu i wysokością unoszonego ciężaru. Natomiast masa podnoszonych ładunków i rodzaj pracy determinują rodzaj napędu (stosowane są trzy rozwiązania z zakresu hydrauliki jazdy) i moc maszyny [KLUKOWSKI 2007].

Są to maszyny drogie. Cena najmniejszych ładowarek samobieżnych jest porównywalna z ceną ciągników. Potencjał pracy tych maszyn wynosi około 9000 godzin [KTBL 2012]. Z ekonomicznego punktu widzenia powinny być użytkowane równie intensywnie jak ciągniki. Jest to możliwe np. przy codziennej obsłudze stada zwierząt. Ładowarka samobieżna zastępuje w tym przypadku ciągnik przy wszelkich pracach w obejściu, poczynając od usuwania obornika i dowożenia paszy, a kończąc na pracach porządkowych.

Najmniejsze modele ładowarek podwórzowych (15-25 kW) mogą być efektywnie użytkowane w

gospodarstwach z obsadą 20-25 SD. Przy obsłudze takiego stada zwierząt ładowarka będzie codziennie wykorzystywana przez około 1 godzinę, w roku przez 365 godzin, a w okresie 20 lat przez 7300 godzin.

Ładowarki kołowe

Grupę ładowarek o większych wymiarach, mocy i wydajności pracy stanowią typowe ładowarki kołowe. Moc ich silników zawiera się zwykle w przedziale 35-75 kW, a masa wywrotu 2100-3200 kg, przy wysokości podnoszenia (wysypu) do 3,2 m. Są to maszyny szersze 1,4-1,8 m i wyższe 2,0-2,6 m. Mogą być także wyposażone w wysięgnik teleskopowy. Z uwagi na rozmiary, ta grupa ładowarek wykonuje prace głównie poza budynkami gospodarczymi. W ograniczonym zakresie mogą być także stosowane do prac przeładunkowych na polu.

Ładowarki teleskopowe

Są to maszyny o mocy silnika najczęściej 70-110 kW, o dużym udźwigu i zasięgu teleskopowego ramienia ze sztywnym podwoziem i kierowanymi wszystkimi kołami. W wersjach rolniczych mogą one unosić ładunki najczęściej o masie 2-4 ton, na wysokość 4-8 m. W zależności od modelu maszyny maksymalny poziomy zasięg teleskopowego ramienia wynosi 5-13 m.

Z uwagi na wysoką cenę i potencjał pracy (ok. 10000 godzin), te wysokowydajne maszyny są przeznaczone do wykonywania regularnie przeprowadzanych i powtarzających się prac. Znajdują zastosowanie przede wszystkim w przedsiębiorstwach rolnych zajmujących się obrotem towarowym, w magazynach zbożowych, przy zaopatrywaniu dużych instalacji do produkcji biogazu, a także przy przeładunku materiałów w firmach usługowych i bardzo dużych gospodarstwach (> 250 ha). Obecnie ładowarki teleskopowe są coraz częściej nabywane przez znacznie mniejsze gospodarstwa, nawet o areale poniżej 50 ha, w tym z dużą obsadą bydła mlecznego. Znajdują one także zastosowanie w niewielkich gospodarstwach o specyficznych kierunkach produkcji (np. pieczarkarnie, fermy drobiu). Typowy zakres zastosowań tej grupy maszyn obejmuje:

- załadunek, transport, rozładunek i stertowanie dużych bel słomy,
- załadunek obornika oraz formowanie przyzmy kiszonki,
- załadunek i magazynowanie płodów rolnych oraz np. nawozów, pasz, ziarna itp.,
- prace remontowo-budowlane w gospodarstwie rolnym.

Dobierając tę maszynę do gospodarstwa zwraca się uwagę głównie na udźwig wysięgnika teleskopowego i jego zasięg oraz moc silnika. Dobór tych parametrów zależy od charakteru wykonywanych prac. Według badań KOWALIKA I GRZESIA [2006] w gospodarstwach powyżej 1000 ha ta grupa maszyn jest wykorzystywana przez 800-1330 godzin w roku.

Kryteria doboru ładowarek samobieżnych

Zasadniczym kryterium oceny doboru ładowarek samobieżnych do gospodarstw rolnych jest dostosowanie tych maszyn do skali produkcji charakteryzowanej obsadą zwierząt (SD) i/lub arealem użytków rolnych (ha UR), a także rodzajem prowadzonej działalności rolniczej. Zalecane minimalne wartości wskaźników doboru ładowarek w zależności od skali produkcji zamieszczono w tabeli 40. W ocenie doboru należy także poddać analizie technologiczną i organizacyjną

zasadność użytkowania tych maszyn, w zależności od rodzaju i warunków produkcji.

Tabela 40 Wskaźniki doboru ładowarek samobieźnych

Rodzaj ładowarki	Moc silnika	Maksymalny udźwig	Wysokość podnoszenia	Minimalna obsada zwierząt lub areał gospodarstwa *		
	kW	kg	m	SD	-	ha
Podwórzowe	15-25	500-900	1,7-1,9	20-25	lub	-
	25-35	700-1000	1,0-3,0	25-35		-
	30-40	1500-2100	2,9-3,2	35		-
Kołowe	35-45	2000-2400	3,2-3,4	40		50
	45-55	2400-2600	3,4-3,6			75
	55-75	2600-3200	3,4-3,8	50		100
Teleskopowe	55-75	2000-3000	2,8-5,0	65		100
	75-95	3600-4100	6,0-7,0	100		200
	95-115	3000-4000	5,0-8,0	150		300

* Wartości orientacyjne; SD – sztuki duże

Źródło: Muzalewski 2015 – Zasady doboru maszyn rolniczych w ramach PROW na lata 2014-2020

Kryterium oceny: Minimalna obsada zwierząt (SD) lub areał gospodarstwa (ha UR).

Alternatywną metodą oceny racjonalności doboru do gospodarstw i użytkowania ładowarek jest zastosowanie metody technologicznej. Polega ona na analizie nakładów pracy ładowarek w poszczególnych rodzajach działalności w produkcji roślinnej, zwierzęcej i pracach ogólnogospodarczych. Wynikiem tej analizy powinno być oszacowania rocznego wykorzystania tych maszyn. W tej metodzie kryterium oceny doboru jest minimalne roczne wykorzystanie tych maszyn.

Według źródeł zagranicznych (KTBL - Niemcy, FAT - Szwajcaria) i krajowych (ITP Warszawa) potencjał eksploatacyjny samobieźnych ładowarek rolniczych wynosi 9000 - 10000 h (analogicznie jak w przypadku ciągników). Przy zakładanym 15–20-letnim okresie eksploatacji normatywne roczne wykorzystanie tych maszyn powinno wynosić $W_{NORM} = 500 \div 670$ h/rok. Taką intensywność użytkowania ładowarek można uznać za optymalną z punktu widzenia minimalizacji kosztów ich eksploatacji i okresu amortyzowania. W warunkach polskiego rolnictwa tak wysoki poziom wykorzystania ładowarek zapewniają przede wszystkim duże gospodarstwa. Według aktualnych szacunków, intensywne wykorzystanie ładowarek jest także możliwe w gospodarstwach o mniejszym areale, ale o specyficznych kierunkach produkcji.

Natomiast zgodnie z założeniami metody oceny racjonalności wyposażenia gospodarstw w środki mechanizacji kryterium oceny doboru ładowarki do gospodarstwa będzie jej minimalne wykorzystanie w roku W_R^N wynoszące:

$$W_R^N = W_{NORM} \times 0,75 = 500 \div 670 \text{ h/rok} \times 0,75 = 375 \div 500 \text{ h/rok.}$$

W związku z powyższym taki poziom wykorzystania ładowarek należy uznać za racjonalny z punktu widzenia wymagań poszczególnych poddziałań i operacji PS WPR 2023-2027.

7.22. Przyczepy zbierające silosowe

Tabela 41 Wskaźniki wykorzystania przyczep zbierających silosowych*

Objętość skrzyni ładunkowej **	Moc ciągnika	Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N	Powierzchnia łąk przy zbiorze siana z 3 pokosów	Okres użytkowania T	Potencjał eksploatacyjny T_H	Współcz. korekcyjny k	Wydajność eksploatacyjna *** W_{07}
m^3	kW	ha/rok	ha	lata	godz.	-	ha/godz.
21	70	54	18	25	1600	0,60	1,40
25	75	64	21			0,65	1,55
28	90	74	25			0,70	1,65
35	130	85	28			0,70	1,90
40	150	92	31			0,70	2,06

* Przyczepy z rotorem ładującym i nożami docinającymi do zbioru podwiniętych zielonek na sianokiszonkę; ** objętość konstrukcyjna przyczepy zgodnie z normą DIN11741; *** wydajności dla plonu jednego pokosu 5,5 t/ha podwiniętej zielonki

Źródło: Muzalewski 2015 – Zasady doboru maszyn rolniczych w ramach PROW na lata 2014-2020

Kryteria oceny: - Podstawowe – minimalne wykorzystanie w roku W_R^N , ha/rok,
- Dodatkowe – powierzchnia łąk przy założeniu zbioru zielonki z 3 pokosów, ha.

Tolerancja oceny: 20-30% w zależności od odległości transportu

W ocenie wykorzystania przyczep (zbieraczy) silosowych należy także uwzględnić możliwość ich zastosowania do zbioru innych zielonek, np. do 3-4 krotnego zbioru lucerny, a także jako wydajne przyczepy objętościowe podczas zbioru kukurydzy na kiszonkę.

7.23. Suszarnie ziarna

Przy zakupie suszarni do gospodarstwa należy uwzględniać konieczność szybkiego wysuszenia, czasami z dnia na dzień, zwiezionej z pola partii wilgotnego ziarna. Mokre ziarno łatwo się zagrzewa, a w rezultacie psuje i traci na wartości, zwłaszcza przy podwyższonej temperaturze otoczenia. Przechowywane w silosach ziarno zbóż i kukurydzy nie może mieć większej wilgotności jak 14%, a nasiona rzepaku 6%. Tymczasem wilgotność zebranej z pola np. kukurydzy może wynosić nawet 30-35%. Dlatego przepustowość suszarni musi być dostosowana do wydajności zbioru i stopnia jego zawilgocenia.

Dobowa wydajność procesu suszenia ziarna i nasion zależy między innymi od: typu suszarni (przepływowa, porcjowa), pojemności jej komory suszącej, mocy cieplnej układu wymaganego obniżenia wilgotności od wartości początkowej do końcowej, rodzaju suszonego materiału (wielkości ziaren) i in.

Tabela 42 Wskaźniki eksploatacyjne suszarni ziarna

Typ suszarni ziarna	Przepus- towość suszarni Ps	Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N		Okres eksploatacji T	Współ- czynnik korekcyjny k	Potencjał eksploata- cyjny T_H
	t/godz.	godz./rok	t/rok	lata	-	godz.
Suszarnia ziarna przepły- wowa	0,5	210	105	20	0,7	6000
	1,0		210			
	2,0		420			
	4,0		840			
	6,0		1260			
Suszarnia ziarna porcjowa	0,5	115	58	20	0,7	3300
	1,0		115			
	1,5		173			
	2,0		230			
	4,0		460			
	6,0		690			

Źródło: Muzalewski 2015 – Zasady doboru maszyn rolniczych w ramach PROW na lata 2014-2020

Ocena racjonalności zakupu suszarni

Metoda 1 (szczegółowa - obliczenie czasu suszenia poszczególnych rodzajów ziarna)

W celu oceny racjonalności zakupu suszarni o określonych parametrach technicznych i roboczych (objętość, ładowność, przepustowość) należy:

- oszacować ilość ziarna wyprodukowanego w gospodarstwie, które potencjalnie może wymagać dosuszenia **Z** (t/rok),
- przyjąć możliwie niską przepustowość **Ps** (t/godz.) suszarni (najlepiej według specyfikacji technicznej lub według tabel 43 i 44) zakładając, że ziarno będzie miało stosunkowo wysoką wilgotność początkową (w pewnym przybliżeniu przepustowość suszarni jest wprost proporcjonalna do jej pojemności),
- obliczyć czas suszenia ziarna, czyli wykorzystanie suszarni w roku:

$$W_R = \frac{Z}{P_S} \quad (\text{godz./rok}),$$

z uwagi na kilkakrotną różnicę przepustowości (t/godz.) w zależności od rodzaju suszonego ziarna i jego wilgotności początkowej oraz wymaganej wilgotności końcowej, łączne wykorzystanie suszarni należy obliczyć jako sumę czasów suszenia poszczególnych rodzajów ziarna,

- porównać obliczoną sumę W_R (t/rok) z wartością normatywną (kryterium oceny) W_R^N według tabeli 42 (115 godz./rok lub 210 godz./rok zależnie od typu suszarni). Warunkiem zakwalifikowania zakupu suszarni do dofinansowania z programu PS WPR 2023-2027 jest spełnienie warunku:

$$W_R \geq W_R^N.$$

Przepustowości przykładowych suszarni porcjowych dwóch producentów (A i B) dla różnych rodzajów suszonego ziarna i jego wilgotności, w zależności od pojemności suszarni przedstawiono w poniższych tabelach.

Tabela 43 Przepustowości suszarni porcjowych (producent A), P_s (t/godz.)

Rodzaj ziarna	Obniżenie wilgotności	Objętość komory suszarniczej (m ³)				
		7	12	17	23	29
Pszennica	z 18% do 14%	2,1	4,0	5,8	7,1	8,3
Rzepak	z 12% do 6%	1,5	2,7	4,0	4,8	5,8
Kukurydza	z 28% do 14%	1,0	1,8	2,5	2,9	3,6
Kukurydza	z 35% do 14%	0,7	1,3	1,9	2,3	2,8

Źródło: Muzalewski 2015 – Zasady doboru maszyn rolniczych w ramach PROW na lata 2014-2020

Tabela 44 Przepustowości suszarni porcjowych (producent B), P_s (t/godz.)

Rodzaj ziarna	Obniżenie wilgotności	Objętość komory suszarniczej (m ³)			
		5	9,5	11	17,5
Pszennica	z 19% do 15%	2,3	3,3	4,9	6,2
Rzepak	z 13% do 7%	1,7	2,4	3,7	4,8
Kukurydza	z 30% do 15%	0,6	1,0	1,7	2,4

Źródło: Muzalewski 2015 – Zasady doboru maszyn rolniczych w ramach PROW na lata 2014-2020

Metoda 2 (szacunkowa - obliczenie przeciętnego czasu suszenia ziarna)

- oszacowanie łącznego poziomu produkcji ziarna zbóż i kukurydzy oraz nasion rzepaku niezależnie od struktury zasiewów tych roślin – razem Z (ton/rok),
- przyjęcie przeciętnej dla danego typu suszarni przepustowości W (t/godz.) (wg specyfikacji technicznej, danych podanych przez beneficjenta lub w oparciu o przykładowe dane zawarte w tabelach 43 i 44), niezależnie od wilgotności początkowej i końcowej oraz od rodzaju suszonego ziarna i nasion,
- obliczenie rzeczywistego wykorzystania suszarni:

$$W_R = \frac{Z}{P_s} \quad (\text{godz./rok}),$$

i porównaniu z wykorzystaniem normatywnym W_R^N według tabeli 41.

7.24. Sieczkarnie polowe

Tabela 3 Wskaźniki wykorzystania sieczkarni polowych

Rodzaj sieczkarni*	Moc ciągnika (silnika)		Minimalne wykorzystanie w roku W_R^{NN}	Okres eksploatacji T	Potencjał eksploatacyjny T_{HA}, T_H	Współczynnik korekcyjny k	Wydajność eksploatacyjną $W07$
	kW	KM	ha/rok	lata	ha	-	ha/godz.
Ciągnikowe							
1-rz.	50	68	2,9	25	150	0,65	0,25
2-rz.	70	95	5,3	25	250	0,70	0,50
3-rz.	90	122	8,4	25	375	0,75	0,58
2,25 m **	90	122	6,8	25	300	0,75	0,65
Samobieżne							
4-rz.	150	204	63	25	3000	0,75	0,70
4-rz.	200	272	87	20			0,77
6-rz.	250	340	119	20			1,06
6-rz.	300	408	126	20			1,12
8-rz.	350	476	151	20			1,34

* Sieczkarnie ciągnikowe - potencjał eksploatacyjny podany w ha, samobieżne - w godzinach.

** Sieczkarnia z hederem bezzęrowym

Kryterium oceny: W ocenie wykorzystania sieczkarni należy uwzględnić areał uprawy kukurydzy na kiszonkę oraz możliwość najczęściej 2-krotnego zbioru traw łąkowych na sianokiszonkę (w tym przypadku sieczkarnia musi być dodatkowo wyposażona w podbieracz). Łączne potencjalne wykorzystanie sieczkarni wynosi:

$$W_R = 2 \cdot \text{Ł} + A_K [\text{ha}]$$

gdzie:

Ł – powierzchnia łąk, ha,

A_K – powierzchnia kukurydzy na kiszonkę, ha,

2 – liczba pokosów - krotność zbioru traw łąkowych na kiszonkę.

Tolerancja oceny: 20%

7.25. Maszyny do zbioru ziemniaków

Choć na przestrzeni dziesięcioleci ziemniaki przestały być dominującą uprawą na wielu obszarach Polski to wiele gospodarstw potrzebuje unowocześnienia parku maszynowego w zakresie zbioru ziemniaka, aby poprawić i przyspieszyć zbiór ziemniaka z pola. Dzięki unowocześnieniu parku maszynowego uprawa ziemniaka będzie bardziej konkurencyjna na rynku i zwiększy opłacalność produkcji zarówno jako ziemniaki jadalne, dedykowane do gastronomii i przemysłu ziemniaczanego w kraju i na eksport.

Tabela 4 Wskaźniki wykorzystania maszyn do zbioru ziemniaków

Rodzaje i typy maszyn	Parametry robocze (liczba rzędów, zbiornik)	Moc ciągnika (silnika)		Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N	Okres eksploatacji T	Potencjał eksploatacyjny T_H	Współcz. korekcyjny k	Wydajność eksploatacyjna W_{07}
		kW	KM					
Rozdrabniacz łęcin	2-rz.	45	61	4,5	20	400	0,5	0,45
	4-rz.	70	95	12,6			0,7	0,9
Kopaczka przenośnikowa	1-rz.	22	30	2,2	25	800	0,4	0,17
	2-rz.	40-45	54-61	4,0			0,5	0,25
Kopaczka ładująca	2-rz.	60	82	12,6	20	1800	0,7	0,2
	4-rz.	110	150	22,1				0,35
Kombajn do ziemniaków	1-rz., 1,25 t	30-35	41-48	6,3	20	1800	0,7	0,1
	1-rz., 2,2 t	45-50	61-68	7,6				0,12
	1-rz., 3-3,5 t	60	82	8,2				0,13
	2-rz., 6 t	90	122	10,7				0,17
Kombajn do ziemniaków samobieżny	2-rz., 6 t	180-200	245-272	25	15	2000	0,8	0,22
	4-rz., 15 t	330	449	50				0,45

Kryterium oceny: Powierzchnia uprawy ziemniaków, a w szczególnych przypadkach dodatkowo powierzchnia uprawy cebuli lub warzyw korzeniowych, jeżeli maszyna jest wyposażona w przystawki do zbioru wymienionych warzyw.

Tolerancja oceny: 25-30%

7.26. Maszyny do zbioru buraków cukrowych

Uprawa buraków cukrowych podobnie jak ziemniaków przestała być atrakcyjna i pomimo zmniejszenia areалу zasiewu jest to uprawa wciąż popularna z uwagi na istniejące zakłady przetwórcze. Szybki zbiór powoduje poprawę parametrów jakościowych produktu i jest istotny przy zwiększaniu konkurencyjności gospodarstwa. Poniższa tabela przedstawia istotne zależności między używaną maszyną a mocą ciągnika. Przy doborze te dwa elementy są niezwykle istotne zarówno dla rolników, jak i pracowników ARiMR oraz handlowców maszynami dedykowanymi do produkcji buraka cukrowego.

Tabela 5 Wskaźniki wykorzystania maszyn do zbioru buraków cukrowych

Rodzaje i typy maszyn	Parametry robocze (liczba rzędów, zbiornik)	Moc * ciągnika (silnika)	Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N	Okres eksploatacji T	Potencjał eksploatacyjny T_H	Współcz. korekcyjny k	Wydajność eksploatacyjna W_{07}
		kW	ha/rok	lata	godz.	-	ha/godz.
Kombajn do buraków	1-rz., 2,5-3 t	35-40	5,3	25	2000	0,6	0,11
	1-rz., 3,5 t	40-50	7,3	25		0,7	0,13
	2-rz., 7 t	55-65	14,0	20		0,7	0,20
Ogławiacz	3-rz.	25	18	20	1600	0,7	0,32
Ogławiacz	6-rz.	70	38			0,7	0,67
Wyorywacz	3-rz.	35	17			0,7	0,30
Wyorywacz	6-rz.	90-100	36			0,7	0,65
Kopaczka ładująca	3-rz.	70	11			0,7	0,20
Kombajn do buraków samobieżny	6-rz., 16 m ³	205	103	15	4000	0,7	0,55
	6-rz., 24 m ³	300	131			0,7	0,70
	6-rz., 32 m ³	350	187			0,7	1,00

* wartości orientacyjne

Kryterium oceny: Powierzchnia uprawy buraków cukrowych i pastewnych, ha. Tolerancja oceny: 20%

7.27. Podnośniki widłowe

Podnośniki widłowe ciągnikowe

Ciągnikowe podnośniki (ładownicze) widłowe przeznaczone są do prac załadunkowo-rozładunkowych przede wszystkim w sadownictwie i warzywnictwie, a w ograniczonym zakresie także w klasycznych gospodarstwach rolnych. Umożliwiają podnoszenie ładunków umieszczonych w skrzyniopaletach, na paletach i w pojemnikach, przemieszczanie ich na niewielkie odległości, a następnie składowanie tych ładunków na niskich przyczepach sadowniczych lub na typowych przyczepach rolniczych. Udźwig tych urządzeń zawiera się w przedziale od 600 kg do nawet 1400 kg, a wysokości podnoszenia - od 1,8 m do 2,7 m. Podnośniki czołowe są podwieszane na wsporniku osi przedniej ciągnika, a podnośniki tylne – na trójpunktowym układzie zawieszenia ciągnika. Zwykle są one montowane na ciągnikach małej i średniej mocy (od 22 kW do 45 kW), powszechnie użytkowanych w gospodarstwach sadowniczych i warzywniczych. Często w celu zwiększenia ładowności zestawu transportowego na ciągnikach o większej masie i mocy montowane są jednocześnie oba te urządzenia. Ciągnikowe podnośniki widłowe są powszechnie wykorzystywanym środkiem transportu do podwożenia skrzyniopalet w czasie zbioru jabłek, a także wiśni lub malin na soki i wywożenia ich z uliczek przejazdowych oraz do ich załadunku na przyczepy.

Zasadniczą zaletą tych urządzeń jest relatywnie niska cena, zwłaszcza w porównaniu z ceną ładownic samobieżnych i terenowych wózków podnośnikowych oraz możliwość wykorzystania posiadanego ciągnika do specjalistycznych prac za- i rozładunkowych. Z uwagi na ograniczoną wydajność, użytkowanie podnośników widłowych jest uzasadnione w

mniejszych gospodarstwach sadowniczych. Urządzenia te znacząco zmniejszają uciążliwość pracy ludzkiej i zwiększają jej wydajność przy za- i rozładunku oraz przemieszczaniu zebranych owoców i warzyw.

Ciągnikowe podnośniki widłowe mogą być racjonalnie wykorzystywane w każdym gospodarstwie sadowniczym (głównie sady jabłoniowe) i warzywniczym, które użytkuje ciągnik rolniczy oraz stosuje technologię zbioru owoców lub warzyw do skrzyniopalet lub do innych pojemników przystosowanych do przemieszczania na zębach podnośnika.

Kryteria oceny racjonalności doboru:

- a) użytkowanie ciągnika,
- b) technologia zbioru owoców lub warzyw, względnie innych płodów rolnych do skrzyniopalet lub do innych pojemników przystosowanych do transportu na podnośniku widłowym.

Wózki widłowe podnośnikowe

Wózki widłowe podnośnikowe to urządzenia przeznaczone do podnoszenia ładunków na znaczną wysokość (od 2,5 do kilkunastu metrów), a także do ich przemieszczania na nieduże odległości w obrębie magazynów, budynków produkcyjnych i w bezpośrednim ich otoczeniu. Na zakup wózka widłowego powinni decydować się wyłącznie użytkownicy gospodarstw specjalistycznych, prowadzący działalność związaną z posiadaniem sporego magazynu, w którym produkty są składowane na paletach, w skrzyniopaletach lub kontenerach. Cechą wózków widłowych podnośnikowych jest ich zdolność do przemieszczania „standaryzowanych” ładunków w pionie, w tym zestawiania ich jeden na drugim w stosy, względnie ustawiania ich na półkach kilkukondygnacyjnych regałów, a także do załadunku i rozładunku przyczep oraz samochodów ciężarowych. Znajdują one zastosowanie w sortowniach i przechowalniach owoców, warzyw, ziemniaków, mieszalniach pasz, a nawet do obsługi gospodarstw drobiarskich.

Przykładowe zastosowania:

- dowożenie i odbieranie skrzyniopalet z linii sortującej jabłka oraz składowanie jabłek w chłodniach,
- przewożenie ustawionych na paletach skrzynek pomidorów i innych warzyw pomiędzy szklarniami a sortownią, a następnie układanie palet w przechowalni lub ich załadunek na środki transportowe,
- transport i ustawianie palet skrzyniowych jedna na drugiej w przechowalni ziemniaków (jadalnych lub sadzeniaków),
- odbiór palet ze skrzynkami kalafiorów z linii sortującej i załadunek na samochody ciężarowe.

Do pracy w pomieszczeniach zamkniętych przeznaczone są przede wszystkim wózki z napędem elektrycznym, tzw. wózki akumulatorowe. W dobrze przewietrzanych magazynach można także stosować wózki spalinowe zasilane gazem propan-butan. Wózki elektryczne to maszyny o bardzo zwartej konstrukcji. Kompaktowe rozmiary oraz ogromna zwrotność tych wózków (mogą zawracać prawie w miejscu) predysponują je do pracy w wąskich korytarzach i ciasnych magazynach. Natomiast z uwagi na niewielki prześwit oraz małą średnicę kół jezdnych wózki elektryczne powinny się poruszać prawie wyłącznie po równym i utwardzonym podłożu, np. po betonowej posadzce magazynu. Do pracy na zewnątrz pomieszczeń produkcyjnych, na nierównym podłożu, lepiej nadają się nieco większe wózki spalinowe (na gaz lub olej napędowy) wyposażone w ogumienie terenowe.

Pewną niedogodnością związaną z użytkowaniem wózków elektrycznych jest konieczność zakupu wydajnego prostownika do ładowania baterii akumulatorów oraz stała ich konserwacja. Typowe wózki podnośnikowe podnoszą ładunki na wysokość 2,5-6 m, a wózki specjalizowane nawet wyżej. W zastosowaniach rolniczych najczęściej stosuje się wózki o udźwigu 1,0-1,5 tony.

Z uwagi na wysoki koszt zakupu oraz znaczny potencjał eksploatacyjny (około 9000 godzin), samojezdne czołowe wózki podnośnikowe, czyli tzw. „widlaki”, przeznaczone są prawie wyłącznie do gospodarstw wysokoprodukcyjnych.

8. Maszyny specjalistyczne

Poza występującymi dość powszechnie urządzeniami stosowanych istnieje grupa urządzeń specjalistycznych wykorzystywanych incydentalnie lub w specjalistyczny sposób stąd ich zastosowanie w gospodarstwach uwarunkowane jest czynnikami lokalnymi opisanymi poniżej. Zasady doboru maszyn zostały opisane w Rozdziale 2 tego opracowania. Zasady te obowiązują dla wszystkich maszyn omawianych w tym rozdziale

8.1. Maszyny do zbioru kamieni

W wielu gospodarstwach konieczne jest usuwanie z pól kamieni znacznie utrudniających pracę maszyn takich jak kosiarki czy maszyny zbierające rośliny, czy też maszyn uprawowych. Problem dotyczy zwłaszcza małych i średnich gospodarstw z uwagi na dużą ilość działek i niewielki obszar pojedynczej działki. Dzięki wsparciu małe gospodarstwa będą posiadały potencjał poprawy wyników ekonomicznych przy dofinansowaniu zakupu maszyn usuwających kamienie z pola. Urządzenie musi być połączone z ciągnikiem o odpowiedniej mocy, aby w zależności od szerokości roboczej maszyna spełniała swoje zadanie. Jak wiadomo zazwyczaj usuwanie kamieni przeprowadzone zgodnie z założeniami wymaga przeprowadzenia czynności kilkukrotnie. Najbardziej popularne są szerokości robocze 5 i 7 m i wielkość mocy ciągnik odpowiednio 70 kW (95KM) i 110 kW (150KM). W terenach o dużych pochyłościach i ciężkiej glebie należy zastosować zapas mocy o około 10 %. W przypadku stosowania maszyn zbierających istotna jest deklarowana efektywność szybkości przeprowadzenia operacji polowej. Jeżeli potencjał gospodarstwa nie pozwala na utrzymanie takiej maszyny, warto rozważyć zakup z uwzględnieniem minimalnego rocznego wykorzystania, podobnie jak w przypadku innych maszyn ogólnouprawowych. Na terenach o specyficznych uwarunkowaniach glebowych konieczność oczyszczania pola jest koniecznością wielu rolników.

Tabela 48 przedstawia przykładowe wskaźniki wykorzystania takich maszyn w rolnictwie.

Tabela 6 Wskaźniki wykorzystania maszyn do zbioru kamieni

Rodzaj maszyny	Parametry robocze	Minimalne wykorzystanie w roku WR^N	Potencjał eksploatacyjny TH	Wsp. korekcyjny k	Okres eksploatacji T	Wydajność eksploatacyjna
		ha/rok	ha	-	lata	ha/godz.
Zgarniacz kamieni	3,2 m szer. rob.	80	720	0,6	15	0,3-0,5
Zbieracz kamieni	1,5 m szer. rob.	80	720	0,6	15	0,5-0,7

Źródło: Muzalewski 2009 - Koszty eksploatacji maszyn rolniczych, obliczenia własne.

8.2. Maszyny stosowane w warzywnictwie. Sadzarki i inne maszyny do sadzenia oraz zbioru buraków, ziemniaków i maszyny do zbioru warzyw

Maszyny stosowane w warzywnictwie stanowią istotny element wyposażenia gospodarstw specjalizujących się w produkcji warzyw polowych. Ze względu na dużą różnorodność upraw warzywniczych oraz specyficzne wymagania technologiczne związane z siewem, sadzeniem, pielęgnacją i zbiorem, dobór odpowiednich maszyn ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia wysokiej jakości plonu oraz efektywności pracy. W gospodarstwach warzywniczych szczególnie istotne jest dostosowanie parametrów maszyn (np. liczby sekcji siewników czy sadzarek, szerokości roboczej kombajnów) do skali produkcji oraz wielkości i struktury powierzchni upraw. Ze względu na sezonowy charakter produkcji warzywniczej, wybór maszyn powinien uwzględniać optymalne wykorzystanie ich potencjału eksploatacyjnego, przy jednoczesnym ograniczeniu kosztów stałych związanych z posiadaniem sprzętu specjalistycznego. Zasady doboru kombajnów do ziemniaków i buraków są analogiczne do doboru innych maszyn rolniczych.

Tabela 49, 50 i 51 przedstawiają szczegółowe wskaźniki wykorzystania maszyn w uprawach warzywniczych, umożliwiające racjonalny dobór urządzeń do indywidualnych warunków.

Tabela 7 Wskaźniki wykorzystania maszyn stosowanych w warzywnictwie, cz. I

Rodzaj maszyny	Parametry robocze	Minimalne wykorzystanie w roku WR^N	Uwagi	Okres eksploatacji T	Wydajność eksploatacyjna W07
		ha/rok			
Siewnik pneumatyczny	2-sekc.	3-7,5 7,5-10	a) jeden lub dwa główne gatunki wysiewu b) więcej gatunków do wysiewu w różnych terminach	15	0,50
Siewnik pneumatyczny	4-sekc.	6-13 13-20	a) jw. b) jw.	15	1,00
Siewnik mechaniczny	2-sekc.	3-5 5-7	a) jw. b) jw.	15	0,33
Siewnik mechaniczny	4-sekc.	7-10 10-14	a) jw. b) jw.	15	0,66
Sadzarka karuzelowa do rozsady; rozsada z tac wielokomórkowych (multiplatów)	2-rzęd.	3-5 5-7	a) uprawy gęsto nasadzone b) uprawy rosnące w dużych rozstawach	15	0,30-0,60
Sadzarka karuzelowa do rozsady (multiplaty)	4-rzęd.	7-10 10-14	a) jw. b) jw.	15	0,55-1,10
Sadzarka chwytakowa/tarczowa; korzenie sadzonek bez ziemi (rozsada rwana)	2-sekc.	2,5-3,5 3,5-5	a) jw. b) jw.	15	0,17-0,30
Sadzarka chwytakowa/tarczowa; rozsada rwana	4-sekc.	5-8 8-11	a) jw. b) jw.	15	0,30-0,60
Sadzarka chwytakowa/tarczowa; rozsada rwana	6-sekc.	12-16	-	15	0,45-0,90
Agregat do formowania redlin i zagonów	2-rzęd.	5-10	wykorzystanie zależne od stanu gleby	20	0,33
	4-rzęd.	10-20		20	0,80
Kombajn do zbioru marchwi	1-rzęd.	4-8 8-12	zbiór na świeży rynek, mniejsze ilości jednorazowo; dużo dni pracy zbiór na dłuższe przechowywanie	20	0,10 (1,5 ha/dzień)
Niszczonek naci	2-rzęd.	4-8		20	0,50
Ogławiarka marchwi	2-rzęd.	4-8		20	0,40
Niszczonek-ogławiarka naci	2-rzęd.	4-8		20	0,35-0,45
	3-rzęd.	10-15		20	0,50-0,60
Kombajn do zbioru kapusty	1-rzęd.	5		20	0,08-0,10
	2-rzęd.	25		20	0,15-0,20
Sortownik do marchwi	0,75 kW	3-4		20	2,5 t/h
	1,1 kW	10-15			5,0 t/h
	1,5 kW	15			7,5 t/h
Myjka szczotkowa do warzyw	0,5 kW 1,5 kW	50 t 100 t		15	
Wywrotnica skrzyniopalet	1,5-2,5 kW	100 t		15	

Tabela 8 Wskaźniki wykorzystania maszyn stosowanych w warzywnictwie, cz. II

Rodzaj maszyny	Parametry robocze	Minimalne wykorzystanie w roku WR^N	Potencjał eksploatacyjny TH	Wsp. korekcyjny k	Okres eksploatacji T	Wydajność eksploatacyjna
		ha/rok	ha	-	lata	ha/godz.
Platforma jezdna do zbioru kalafiorów z przenośnikiem	12-rzęd.	20	600	0,6	20	
Kombajn do zb. kalafiorów	1-rzęd.	20	600	0,6	20	
Kombajn do zbioru fasoli	1-rzęd., zb. 0,6 t	15	500	0,6	25	0,07-0,09
Kombajn do zbioru fasoli	2-rzęd., zb. 1,2 t	24	1000	0,6	25	0,17-0,19
Kombajn do zbioru kapusty ze zbiornikiem lub przenośni	1-rzęd.	14	600	0,6	25	
Maszyna do cięcia i układania kapusty w wałach		14	600	0,6	25	
Kopaczka marchwi ze zbiornikiem	1-rzęd.	7	300	0,6	25	
Pakowaczka do marchwi	1, 2,5 i 5 kg	6-7 (320 t)	5000 h	0,8	15	1,2 t/h
Wyorywacz porów		2	200		25	
Maszyna do obrywania brukselki	1-rzęd.	12	400	0,6	20	
Kosiarko-ładowacz do warzyw liściastych z przenośnikiem rozładunkowym		24	600	0,8	20	
Maszyna do układania folii pod sadzonki		2-3	500	0,5	20	
Maszyna do układania folii i sadzenia	2-rzęd.	30	1200	0,5	20	
Maszyna do układania folii i sadzenia	4-rzęd.	60	2400	0,5	20	
Kombajn do ziemniaków	1-rzęd.	70	720	0,6	20	0,07-0,11
Kombajn do ziemniaków	2-rzęd.	70	840	0,6	20	0,20-0,25
Kombajn do buraków	1-rzęd.	80	960	0,6	20	0,08-0,12
Kombajn do buraków	2-rzęd.	80	960	0,6	20	0,13-0,19

Źródło: Muzalewski 2009 - Koszty eksploatacji maszyn rolniczych, obliczenia własne.

Tabela 9 Wskaźniki wykorzystania maszyn stosowanych w produkcji cebuli

Maszyny do cebuli	Parametry robocze	Minimalne wykorzysta-	Wydajność eks-
		tanie w roku W_R^N	ploatacyjna W_{07}
		ha/rok	ha/godz.
Sadzarka dymki automatyczna (+ 1 osoba)	5, 6, 7 rzęd.	2-3	0,28-0,35 *
Obcinacz szczypioru ciągnikowy	1,5-1,8 m	2	0,5
Kopaczka cebuli ciągnikowa	1,2 m	2	0,5
	1,5 m	3	0,7
	1,8 m	6	0,9
Zbieracz cebuli z przenośnik. ładującym	0,85 m	7	0,3
Stół selekcyjny z obcinarką szczypioru, stacjonarny	8-wałkowy	1-2	3,5 (4,5) t/h
	12-wałkowy	4	4 (5,2) t/h

* w zależności od średnicy dymki

Uzasadnieniem zakupu stołu selekcyjnego z obcinarką szczypioru jest duża prędkość tego zabiegu, zwłaszcza przy bardzo wysokich plonach cebuli, wynoszących na nawadnianych plantacjach nawet 60 t/ha.

Do zbioru cebuli można także wykorzystać kopaczki i kombajny do ziemniaków po odpowiedniej modyfikacji zespołu kopiącego. Tego typu rozwiązania są oferowane przez producentów sprzętu do zbioru ziemniaków. Niemniej na większych plantacjach cebuli (już od 2-3 ha) zaleca się stosowanie maszyn specjalistycznych.

Stosowanie zautomatyzowanych i wydajnych urządzeń jest wskazane w gospodarstwach mniejszych, gdzie wdrożenie nowych rozwiązań zapewni poprawę konkurencyjności na rynkach rolnych.

8.3. Siewniki do poplonu i traw

Siewniki poplonów i traw to istotne urządzenia zapewniające właściwe pokrycie gleby i jej zadarnienie. Zakupy takich urządzeń jest zasadny z uwagi na zachowanie pokrywy zielonej na terenach, gdzie przez okresy międzywegetacyjne nie pojawiała się okrywa zabezpieczająca glebę przed erozją. Parametry wskaźników wybranych siewników zostały przedstawione w Tabeli 29 i 31.

8.4. Sprzęt do nawadniania

Polska to kraj z deficytem wody potrzebnej do poprawnej uprawy polowej zbóż, warzyw i owoców. Dlatego wspieranie zakupów urządzeń zraszających i nawadniających plantacje jest uzasadnione, szczególnie w sektorach warzywnictwa i sadownictwa, gdzie odpowiedni poziom wilgotności gleby bezpośrednio wpływa na jakość i wielkość plonów.

Inwestycja w nowoczesne systemy nawadniania przynosi gospodarstwom liczne korzyści. Przede wszystkim zwiększa wydajność produkcji, poprawiając jakość plonów i zmniejszając ryzyko strat wynikających z niedoboru wody. Odpowiednie nawadnianie pozwala na stabilizację plonowania, co jest szczególnie istotne w obliczu coraz częstszych okresów suszy.

Dodatkowo, nowoczesne systemy umożliwiają optymalne zarządzanie zasobami wodnymi, co przekłada się na oszczędności i bardziej zrównoważoną gospodarkę wodną w rolnictwie.

Należy jednak pamiętać, że po zakupie urządzeń konieczna jest ich regularna kontrola, ponieważ niewłaściwe korzystanie może prowadzić do pogorszenia jakości gleby. Urządzenia takie jak zraszacze przewodowe i deszczownice powinny być właściwie ukierunkowane, uwzględniając lokalne zasoby wodne. W związku z występującą suszą rolniczą istotne jest również, aby aparatura nawadniająca nie naruszała istotnie krytycznych zasobów wody, zapewniając równowagę pomiędzy zwiększoną produkcją a ochroną środowiska.

8.5. Pielniki, chwastowniki

Urządzenia do usuwania chwastów na polach uprawnych to wciąż mało dostępny sprzęt zarówno w mniejszych gospodarstwach, gdzie nie stosuje się rozwiniętej chemizacji rolnictwa – zabiegów fitosanitarnych. Zakup urządzeń preferowany dla gospodarstw legitymujących się prowadzeniem na części lub całości produkcji ekologicznej. Wdrożenie stosowania maszyn usuwających chwasty jest bardzo pożądanym w gospodarstwach. Wachlarz maszyn (rozwiązań technicznych podłączanych do ciągników powinien być dobrze opisany we wniosku

Pielniki i chwastowniki są urządzeniami specjalistycznymi, które pozwalają na mechaniczne usuwanie chwastów z pól uprawnych, stanowiąc alternatywę lub istotne ograniczenie stosowania chemicznych środków ochrony roślin. Ich zastosowanie jest szczególnie pożądane w gospodarstwach prowadzących produkcję ekologiczną lub w tych, które dążą do ograniczenia użycia pestycydów.

Korzyści wynikające z wdrożenia pielników i chwastowników obejmują:

- znaczną redukcję ilości chemicznych środków ochrony roślin, co przekłada się na poprawę jakości gleby, środowiska naturalnego oraz bezpieczeństwa zdrowotnego żywności;
- ograniczenie kosztów związanych z zakupem i aplikacją środków chemicznych, zwiększając rentowność gospodarstw, zwłaszcza ekologicznych;
- poprawę struktury i żyzności gleby dzięki mechanicznej stymulacji i napowietrzeniu podczas zabiegu;
- minimalizację ryzyka rozwoju odporności chwastów na środki chemiczne, co jest szczególnie istotne w gospodarstwach ekologicznych oraz zrównoważonych.

Tego typu maszyny szczególnie dobrze sprawdzają się w produkcji warzywniczej i sadowniczej, gdzie wymagane są częste zabiegi pielęgnacyjne. Dzięki mechanicznej eliminacji chwastów poprawia się jakość i ilość plonów, co jest szczególnie istotne przy uprawie warzyw korzeniowych, takich jak marchew, pietruszka, cebula, oraz w sadach owocowych.

Inwestycje w pielniki i chwastowniki powinny być ukierunkowane szczególnie do gospodarstw, które prowadzą uprawy ekologiczne lub mające ograniczony dostęp do chemicznych środków ochrony roślin. Minimalne wykorzystanie maszyn do pielęgnacji upraw powinno wynosić od kilku do kilkunastu hektarów rocznie, w zależności od powierzchni gospodarstwa oraz specyfiki upraw. Zalecany okres eksploatacji tych urządzeń wynosi średnio od 10 do 20 lat, co pozwala na ich optymalne wykorzystanie w ciągu wielu sezonów.

Warto zaznaczyć, że mechaniczne usuwanie chwastów przy pomocy pielników i chwastowników powinno być zaplanowane jako regularne zabiegi w ciągu roku (minimum 2-3 razy w sezonie), aby maksymalizować ich skuteczność oraz zapewniać odpowiednie efekty ekologiczne i ekonomiczne. Wdrożenie tego rodzaju technologii zwiększa konkurencyjność gospodarstw na rynku, szczególnie w produkcji warzyw i owoców wysokiej jakości. Tabela 52 przedstawia wskaźniki eksploatacyjne dla wybranych maszyn.

Tabela 10 Wskaźniki eksploatacyjne wybranych maszyn do odchwaszczania

Rodzaj maszyny	Minimalne wykorzystanie w roku	Potencjał eksploata- cyjny	Współczynnik korekcyjny	Okres eksplo- atacji	Wydaj- ność eksploa- tacyjna
	WRN	TH	k	T	
	ha/rok	ha	-	lata	ha/godz.
Pieiniko-obsypnik 2-rz.	30	300-450	0,5-0,75	20	0,4-0,7
Pilelnik 6- rz.	30	300-450	0,5-0,75	20	0,6-1,0
Wielorak 6-rz.	30	300-450	0,5-0,75	20	0,6-1,0

Źródło: Muzalewski 2009 - Koszty eksploatacji maszyn rolniczych, obliczenia własne.

8.6. Sprzęt do specjalistycznej pielęgnacji zadrzewień

Dotychczas sprzęt do pielęgnacji zadrzewień pozostawał w gestii Lasów Państwowych. Obecnie istotnym elementem infrastruktury produkcji roślinnej to zadrzewianie pól uprawnych i pielęgnacja drzew powinien służyć jako zabezpieczenie przed zjawiskami ekstremalnymi występującymi coraz częściej takich jak ograniczenie bioróżnorodności i wzajemnego przenikania i przeciwdziałanie suszy na uprawach. Tylko utrzymane we właściwym stanie zadrzewienia spełniają swoją rolę praktyczną. Różnorodność maszyn i urządzeń jest tutaj bardzo szeroka.

8.7. Zaprawiarki do nasion i bulw

Zaprawiarki do materiału siewnego i nasadzeniowego są urządzeniami mającymi kluczowe znaczenie dla przygotowania wysokiej jakości materiału, szczególnie w gospodarstwach o ograniczonej możliwości zakupu gotowego materiału kwalifikowanego. Dotychczas tego typu sprzęt był słabo dostępny w zakresie dofinansowania ze środków pomocowych, zwłaszcza w mniejszych gospodarstwach. Wdrożenie zaprawiarek powinno być rozwijane ze względu na znaczące korzyści, jakie niesie dla gospodarstw rolnych:

- redukcja zużycia chemicznych środków ochrony roślin poprzez skuteczną ochronę nasion i bulw na początkowym etapie wzrostu roślin, co ogranicza potrzebę dodatkowych oprysków;
- zmniejszenie kosztów produkcji dzięki ograniczeniu konieczności zakupu drogich chemicznych środków ochrony roślin;
- poprawę zdrowotności i jakości materiału siewnego i nasadzeniowego, co bezpośrednio przekłada się na zwiększenie wydajności i jakości plonów;
- możliwość dostosowania procesu zaprawiania do specyficznych potrzeb gospodarstwa i wymagań różnych gatunków roślin.

Szczególne znaczenie ta inwestycja ma w gospodarstwach specjalizujących się w uprawach zbóż, okopowych oraz warzywnictwie i sadownictwie, gdzie jakość i zdrowotność materiału siewnego i nasadzeniowego mają kluczowe znaczenie dla osiągnięcia wysokich wyników produkcyjnych i ekonomicznych. Są to maszyny, służące do zaprawiania materiału suchym preparatem (proszkowe), spienioną zaprawą, spryskiwania zawiesiną lub płynnym preparatem. Wprowadzenie tych maszyn pozwoli na znaczące ograniczenie stosowania chemicznych metod ochrony roślin, co wpisuje się w strategię zrównoważonego, ekologicznego rolnictwa. Minimalne wykorzystanie takich urządzeń powinno wynosić co najmniej kilka razy w sezonie, z uwagi na specyfikę różnych okresów siewu i sadzenia oraz różnorodność upraw w ciągu roku. Tabela 53 przedstawia wskaźniki eksploatacyjne dla wybranych zaprawiarek do nasion o różnych wydajnościach.

Tabela 11 Wskaźniki eksploatacyjne zaprawiarek do nasion o wydajnościach 1 t/h, 2-3 t/h

Rodzaj maszyny	Minimalne wykorzystanie w roku	Potencjał eksploatacyjny	Współczynnik korekcyjny	Okres eksploatacji	Wydajność eksploatacyjna
	WRN	TH	k	T	
	ha/rok	ha	-	lata	ha/godz.
Zaprawiarka do nasion W07 do 1 t/h	40	500-750 t	0,5-0,75	25	1 t/h
Zaprawiarka do nasion W07 2-3 t/h	40	500-750 t	0,5-0,75	25	2-3 t/h

Źródło: Muzalewski 2009 - Koszty eksploatacji maszyn rolniczych, obliczenia własne.

8.8. Kosiarki do traw, ścinacze zielonek, sieczkarnie

Kosiarki to maszyny służące do koszenia zarówno traw łąkowych na siano i sianokiszonkę, jak również do koszenia przeznaczonych do bezpośredniego skarmiania zielonek uprawianych na gruntach ornych. Zasady ich doboru są takie same jak innych maszyn rolniczych. W rolnictwie od lat dominują kosiarki rotacyjne. W małych i średnich gospodarstwach zwykle użytkowane są kosiarki bębnowe z kolei w większych gospodarstwach zarysowuje się tendencja wyboru wydajniejszych kosiarek dyskowych (tarczowych). Najczęstsze konstrukcje kosiarek to maszyny montowane z tyłu ciągnika z bocznym lub centralnym zawieszeniem, o szerokościach roboczych od 1,35 do ok. 3 m. Na rynku dostępne są także zawieszane przed ciągnikiem kosiarki czołowe (do 3 m), a także kosiarki zaczepiane (do 5 m). Stosowane są także wysokowydajne ciągnikowe zestawy 2 lub 3 kosiarek oraz kosiarki samojezdne (do 14 m).

Rotacyjne kosiarki bębnowe (tzw. górnapędowe) zaleca się stosować na łąkach o niskiej kulturze, zakamienionych, z dużą liczbą kretowisk. Są one wyraźnie tańsze od kosiarek dyskowych i bardziej trwałe. Cechuje je duża odporność na zapychanie ciętym materiałem zwłaszcza w trudnych warunkach zbioru. Są one przeznaczone do pracy głównie w małych gospodarstwach.

Tabela 12 Wskaźniki wykorzystania kosiarek rotacyjnych

Szerokość robocza	Moc ciągnika *		Minimalne wykorzystanie w roku W_R^N	Powierzchnia 3-kośnych łąk i innych uż. ziel. A **	Okres eksploatacji T	Potencjał eksploatacyjny T_H	Współczynnik korekcyjny k	Wydajność eksploatacyjna W_{07}
m	kW	KM	ha/rok	ha	lata	godz.	-	ha/godz.
1,35	25	34	9,6	3,2	25	1000	0,4	0,70
1,65	40	54	13,6	4,5	25		0,4	0,9
1,85	50	68	20,2	6,7	25		0,4	1,1
2,1	60	82	25,0	8,3	25		0,4	1,4
2,2	60	82	26,3	8,8	25		0,4	1,4
2,4	65	88	29,8	9,9	25		0,4	1,7
2,6	72	98	32,6	10,9	25	1200	0,4	1,9
2,8	75	102	44,4	14,8	25		0,5	1,9
3	80	109	57,6	19,2	25		0,6	2,00
3,4	85	116	74	25	22		0,6	2,25
4,5	100	136	114	38	20		0,65	2,93
5	105	143	127	42	20		0,65	3,25
6 (2-sekc.)	115	156	164	55	20		0,7	3,90
8,5 (3-sekc.)	130	177	231	77	20		0,7	5,50

* Szacunkowa moc ciągnika; ** Powierzchnia 3-kośnych (typowe 3-krotne koszenie w ciągu roku) łąk oraz wybranych roślin motylkowatych na gruntach ornych (np. koniczyna, lucerna).

Kryteria oceny: - Podstawowe – minimalne wykorzystanie w roku W_R^N , ha/rok.

- Dodatkowe – powierzchnia 3-kośnych łąk oraz wybranych roślin motylkowatych na gruntach ornych (np. koniczyna, lucerna) **A**, ha.

Tolerancja oceny: Do 10% w zależności od specyficznych uwarunkowań prowadzonej działalności rolniczej.

Kosiarki dyskowe (tzw. dolnonapędowe) wyróżnia mniejsza masa (w odniesieniu do 1 m szerokości roboczej) oraz mniejsze zapotrzebowanie na moc współpracującego ciągnika. Prędkość pracy tych maszyn może osiągać w sprzyjających warunkach zbioru nawet 10-17 km/h, a szerokość robocza pojedynczej maszyny dochodzi do 3,5 m. Dlatego ich podstawową zaletą jest możliwość uzyskiwania wyższych wydajności pracy niż kosiarek bębnowych, zwłaszcza na równych i dobrze utrzymanych łąkach.

W gospodarstwach dysponujących dużymi arealami łąk oraz innych zielonek (np. koniczyna, lucerna), do koszenia tych użytków stosuje się coraz częściej ciągnikowe zestawy kosiarek dyskowych o szerokościach roboczych od ok. 6 do ponad 9 m. Zestawy 2-segmentowe (do ok. 6 m) składają się z zawieszanej z przodu ciągnika kosiarki czołowej oraz kosiarki tylnej. Typowy zestaw 3-segmentowy (9-12 m) tworzą dwie kosiarki tylne (lewa i prawa) oraz kosiarka czołowa. Wysoka wydajność efektywna tych zestawów (3 - 6(10) ha/h) predysponuje je głównie do pracy w bardzo dużych gospodarstwach rolnych. Możliwość zastosowania tego

typu zestawów kosiarek limitowana jest mocą posiadanego ciągnika. W ciągniku niezbędny jest także przedni TUZ (trójpunktowy układ zawierzenia narzędzi) oraz przedni WOM (wał odbioru mocy). Większość obecnie produkowanych kosiarek może być wyposażona w spulchniacze lub zgniatacze pokosu, które znacznie przyspieszają przesychanie ściętej trawy, a w rezultacie ograniczają częstość lub eliminują konieczność przetrząsania zielonej masy przed jej zbiorem z pola.

Podane w tabeli 54 moce współpracujących z kosiarkami ciągników są wartościami szacunkowymi, zależnymi od specyficznych rozwiązań konstrukcyjnych maszyn oraz ich wyposażenia.

Ścinacze zielonek i sieczkarnie to maszyny przeznaczone do zbioru i rozdrabniania zielonej biomasy, wykorzystywanej bezpośrednio jako pasza lub do produkcji kiszonek. Ich zastosowanie umożliwia gospodarstwom rolnym efektywne zarządzanie paszą objętościową, poprawiając wydajność produkcji zwierzęcej.

Zasady doboru ścinaczy zielonek i sieczkarni:

1. Powierzchnia i struktura gospodarstwa: Dobór maszyn powinien uwzględniać wielkość gospodarstwa i powierzchnię upraw przeznaczonych na zielonki. W mniejszych gospodarstwach wystarczające mogą być proste, jednorzędowe ścinacze, natomiast w gospodarstwach o większej powierzchni zaleca się zastosowanie wydajnych, wielorzędowych sieczkarni przyczepianych lub samobieżnych.
2. Typ i struktura zbieranych roślin: Ważne jest dostosowanie rodzaju maszyny do specyfiki uprawianych roślin. Dla roślin wysokich i łodygowych (np. kukurydzy, sorgo) odpowiednie będą sieczkarnie o dużej przepustowości, wyposażone w zespoły rozdrabniające o wysokiej wydajności. Dla niższych traw i roślin motylkowych korzystniejsze są ścinacze o konstrukcji zapewniającej dokładne, a zarazem delikatniejsze ścinanie i rozdrabnianie materiału.
3. Moc ciągnika lub maszyny samobieżnej: Dobór powinien być dostosowany do dostępnej mocy ciągnika lub urządzenia samobieżnego. Maszyny o większej szerokości roboczej i większej wydajności wymagają jednostek napędowych o wyższej mocy, co wpływa na koszty eksploatacji.
4. Typ i konstrukcja maszyny: Maszyny zawieszane lub przyczepiane są optymalne dla gospodarstw średniej wielkości. Maszyny samobieżne, o wyższej cenie zakupu, są uzasadnione ekonomicznie w dużych gospodarstwach o intensywnym charakterze produkcji zwierzęcej, ze względu na znaczną wydajność i autonomię pracy.
5. Specyfika technologiczna zbioru: Maszyny powinny być dobierane pod kątem technologii produkcji pasz (świeża zielonka lub kiszonka). Istotne jest, aby sieczkarnia zapewniała optymalną długość sieczki, dostosowaną do rodzaju skarmiania i przechowywania paszy (np. kiszonka w przyzmach, balach lub silosach).
6. Rodzaj i warunki użytkowania użytków zielonych: Maszyny wykorzystywane na terenach nierównych, zakamienionych lub podmokłych powinny charakteryzować się wzmocnioną konstrukcją, większą odpornością na uszkodzenia oraz dobrą manewrowością. Na łąkach intensywnie użytkowanych korzystne są maszyny o większych szerokościach roboczych.
7. Częstość wykorzystania w ciągu sezonu: W przypadku gospodarstw z intensywną produkcją paszową ważna jest możliwość częstego i szybkiego przeprowadzenia zbiorów. Dlatego preferowane są maszyny o wysokiej niezawodności i minimalnych przestojach technicznych.

Zastosowanie nowoczesnych ścinaczy zielonek oraz sieczkarni umożliwia gospodarstwom efektywniejsze zarządzanie zbiorami, zwiększenie jakości i wartości odżywczej produkowanych pasz, a także optymalizację kosztów pracy i wykorzystania sprzętu. Inwestycje te są szczególnie wskazane dla gospodarstw nastawionych na intensywną produkcję mleka i mięsa, wymagających dużych ilości wysokiej jakości pasz objętościowych. Tabela 55 przedstawia wskaźniki eksploatacyjne dla wybranych ścinaczy i sieczkarni.

Tabela 13 Wskaźniki eksploatacyjne dla wybranych ścinaczy zielonek i sieczkarni

Rodzaj maszyny	Minimalne wykorzyst. w roku	Potencjał eksploatacyjny	Współcz. korekcyjny	Okres eksploatacji	Wydajność eksploatacyjna
	WRN	TH	k	T	
	ha/rok	ha	-	lata	ha/godz.
Ścinacz zielonek 1,35 m	50	625-938	0,5-0,75	25	0,25-0,40
Sieczkarnia zawieszana 1-rzęd. do kukurydzy	80	800-1200	0,5-0,75	20	0,12-0,16
Sieczkarnia zaczepiana z podbieraczem	80	800-1200	0,5-0,75	20	0,20-0,40
Sieczkarnia samobieżna 4,5 m	100	1000-1500	0,5-0,75	20	1,24-1,85

Źródło: Muzalewski 2009 - Koszty eksploatacji maszyn rolniczych, obliczenia własne

8.9. Maszyny do obróbki skoszonej biomasy z tuz (przetrzęsacze, zgrabiarki)

Tabela 56 przedstawia wskaźniki wykorzystania przetrzęsarek i zgrabiarek.

Tabela 14 Wskaźniki wykorzystania przetrzęsarek i zgrabiarek karuzelowych

Szerokość robocza	Minimalne wykorzystanie w roku	Powierzchnia łąk 3-kośnych*	Okres eksploatacji	Potencjał eksploatacyjny	Współczynnik korekcyjny	Wydajność eksploatacyjna
M	W_R^N	A	T	T_{HA}	k	W_{07}
	ha/rok	ha	lata	ha	-	ha/godz.
3	27	3,0	25	1500	0,3	1,5
4	44	4,9	25	2000	0,3	1,85
5	84	9,3	25	2500	0,35	2,4
6	167	18,6	25	3000	0,45	3,1
7,5	413	46	20	3750	0,55	4
9	675	75	20	4500	0,6	5
11	990	110	20	5500	0,6	6

* Założono 3-krotny zbiór siana w ciągu roku, w tym 3-krotne przetrzęsanie i zgrabianie siana podczas każdego zbioru

Kryteria oceny: - Podstawowe – minimalne wykorzystanie w roku W_R^N , ha/rok.
- Dodatkowe – powierzchnia łąk 3-kośnych A, ha.

Tolerancja oceny: Do 17% w zależności od specyficznych uwarunkowań prowadzonej działalności rolniczej.

Zbiór skoszonej zielonki na siano lub sianokiszonkę wymaga uprzedniego jej przesuszenia do wilgotności odpowiednio 15÷20% lub 30÷40%. Do tego celu stosuje się maszyny do przetrząsania i spulchniania skoszonego pokosu oraz do późniejszego jego zgrabiania w wałki. W przeciętnych warunkach pogodowych zabiegi przetrząsania i zgrabiania wykonuje się 2–3-krotnie.

Obecnie, w tej grupie sprzętu zielonkowego najbardziej popularne są maszyny karuzelowe, tj. z napędzanymi od ciągnika i obracającymi się w płaszczyźnie poziomej wirnikami. Przetrząsacze to maszyny 2, 4, 6, 8 lub 10 wirnikowe. Zgrabiarki występują najczęściej w konfiguracjach 1, 2 lub 4 wirnikowych. Szerokości robocze obu rodzajów maszyn wynoszą od kilku do kilkunastu metrów. Mniejsze oferowane są jako sprzęt zawieszany na ciągniku, a o większych szerokościach roboczych - jako przyczepiany

9. Maszyny i urządzenia do stosowane w produkcji zwierzęcej

9.1. Maszyny i urządzenia do przygotowania pasz dla zwierząt (wybieranie i transport)

9.1.1. Przygotowanie pasz objętościowych

Istnieje wiele różnych sposobów wybierania i transportowania zmagazynowanej paszy objętościowej. W każdym przypadku wybieranie należy przeprowadzać ostrożnie, by zminimalizować ryzyko strat, a tym samym zapewnić lepsze wykorzystanie kiszonki. Transport kiszonki z pryzmy lub z silosu można przeprowadzać przy użyciu różnych rodzajów sprzętu. Wybór odpowiedniego sprzętu zależy także od rozkładu pomieszczeń dla zwierząt oraz systemu zadawania paszy. Wybór właściwej maszyny do transportu kiszonki może zmniejszyć jej straty. Ważne jest ponadto właściwe użytkowanie takiego sprzętu, jak również kwestie ekonomiczne. Decyzję o zakupie nowego sprzętu należy podejmować na podstawie kalkulacji dotyczących większych zysków lub redukcji kosztów [PRACA ZBIOROWA 2005A].

Należy zwracać uwagę nie tylko na czasochłonność, lecz także na jakość pracy oraz procesu wybierania.

Najbardziej rozpowszechnionym sprzętem do przenoszenia kiszonki są różnego rodzaju **urządzenia dodatkowe do ładowarek**. Do najpopularniejszych należy tu wybierak do kiszonki, wycinarki bloków kiszonki, urządzenia frezujące i wybieraki połączone z dozownikiem. Wycinarki bloków oraz wybieraki z dozownikiem stosuje się niemal wyłącznie przy podawaniu kiszonki w dowolnych ilościach i ręcznym bądź automatycznym indywidualnym podawaniu zwierzętom pasz treściwych.

Do załadunku kiszonki na urządzenia służące do zadawania paszy zwierzętom (jak np. ciągnik z przyczepą, przyczepa paszowa, wóz paszowy TMR itp.) stosuje się przede wszystkim ładowarki: mocowane z przodu ciągnika, miniładowarki, ładowarki samojezdne i hydrauliczne [PRACA ZBIOROWA 2005a]. Szerzej ładowarki zostały opisane w rozdziale 7.21.

Wyposażenie ładowarek może mieć różną konstrukcję. Urządzenia te są osprzętem ładowarek lub ładowaczy, w związku z tym ich parametry robocze muszą być dostosowane do udźwigu tych nośników.

Poniżej przedstawiono ogólny opis wyposażenia dodatkowego do ładowarek do przygotowania pasz objętościowych, służących głównie do karmienia bydła, z tym, że w przypadku urządzeń do rozdrabniania słomy, mają one również zastosowanie w chlewniach.

Chwytnik do kiszonki

Wybieraki o regulowanej ramie górnej z zębami używa się do przenoszenia wszystkich rodzajów kiszonki, słomy i głębokiej ściółki. Do sterowania wybierakiem ładowarka musi być wyposażona w trzecią funkcję (zamykanie i otwieranie chwytaka). Wybierak stosowany jest powszechnie jako urządzenie wieloczynnościowe, służące także do celów innych niż przenoszenie kiszonki. Dlatego też należy pamiętać o jego umyciu, jeżeli przed wybieraniem paszy był używany np. do przenoszenia obornika. Jego główną wadą jest pozostawienie nierównej powierzchni pryzmy kiszonkowej [PRACA ZBIOROWA 2005a].

Wycinak szczękowy do kisonki

Wycinak do kisonki ma dolną część wyposażoną w zęby oraz górną regulowaną z ostrzem tnącym. Nóż mocowany jest na ramie górnej. Sprzęt ten służy przede wszystkim do wycinania i przenoszenia kisonki z pryzmy. Po wbiciu ustawionych poziomo zębów w ścianę kisonki, górna część wyposażona w noże zamyka się hydraulicznie odcinając blok kisonki.

Wycinak bywa urządzeniem dość ciężkim, konieczna jest zatem ładowarka o dużej nośności, mogąca unieść zarówno sam wycinak, jak i porcję kisonki. Wycinak jest idealnym urządzeniem do wycinania i przenoszenia kisonki. Powierzchnia pryzmy po wycięciu porcji kisonki pozostaje bardzo gładka, co ogranicza ryzyko wnikania powietrza do wnętrza silosu. Wycinak nadaje się wyłącznie do kisonki oraz słomy [PRACA ZBIOROWA 2005a].

Wycinaki szczękowe charakteryzują się dużą wydajnością. Potrafią w czasie niecałych 3 minut wyciąć blok kisonki. Urządzenia te posiadają prostą budowę, mogą różnić się od siebie nieznacznie, tzn. niektóre z nich zamiast poziomych zębów znajdujących się na dolnej części może występować pełne dno jak w przypadku czerpaka. Tego typu rozwiązania mają zastosowanie przy wycinaniu drobno pociętej kisonki, która podczas transportu może być gubiona [ROMANIUK, MAJCHRZAK 2013].

Czerpak chwytakowy

Czerpak chwytakowy to połączenie czerpaka zwykłej koparko–ładowarki z wybierakiem do kisonki. Dolna część przypomina łyżkę koparko–ładowarki, górna zaś jest regulowana i wyposażona w zęby. Dzięki temu może służyć do przenoszenia zarówno kisonki, jak i koncentratów. Połączenie czerpaka z wybierakiem czyni to urządzenie wielofunkcyjnym, a prowadzący pojazd nie musi wymieniać sprzętu przy przenoszeniu różnych rodzajów paszy. Urządzenie to może pozostawiać nierówną powierzchnię kisonki, a tym samym powodować pewne jej straty. Kisonka lub sianokisonka jest wyszarpywana zębami, a nie wycinana z silosu lub pryzmy. Wybierając zawartość silosu tego typu urządzeniem, zewnętrzna powierzchnia paszy jest nierówna, co powoduje wnikanie powietrza do jej wnętrza przyspieszając niekorzystne procesy powodujące dość duże straty [PRACA ZBIOROWA 2005; ROMANIUK, MAJCHRZAK 2013].

Czerpaki chwytakowe mogą być używane do załadunku przyczep lub wozów paszowych w tych gospodarstwach, gdzie częstotliwość wybierania kisonki jest na tyle duża, że nierówna struktura wybranej paszy nie ma znaczenia, gdyż procesy gnilne nie zdążą jej zepsuć. Dlatego też tego typu urządzenia są najczęściej używane jako dodatkowy osprzęt ładowaczy czołowych, zwykle wykorzystywanych przy opróżnianiu silosów z kisonką z kukurydzy.

Wycinak bloków kisonki

Tego typu urządzenia mocowane są na trzypunktowym układzie zawieszenia ciągnika, które może być dodatkowo wyposażone w rozrzutnik. Wycinak należy stosować wyłącznie do kisonki. Blok odcinany jest za pomocą noża, a powierzchnia kisonki w pryzmie po tej operacji pozostaje gładka i nienaruszona. Dzięki temu straty kisonki są minimalne. Nóż może być pionowy zamocowany na sztywnym ramie (wówczas przesuwany jest podczas wycinania bloku), albo też poziomy, który wycina cały blok podczas jednej operacji. Pionowo

zamocowany nóż jest obustronnie ząbkowany i porusza się ruchem ciągłym i jednocześnie posuwisto zwrotnym w płaszczyźnie pionowej, wycinając warstwę paszy tworząc blok. Natomiast w przypadku położenia noża poziomo, pasza jest wycinana ruchem noża posuwisto zwrotnym w kierunku poziomym, wycinając cały blok od razu z trzech stron. Jest to rozwiązanie najczęściej spotykane [ROMANIUK, MAJCHRZAK 2013].

Tego typu wycinaki bloków kiszonki mogą być również wyposażone w mechanizmy rozdrabniające i jednocześnie zadające paszę. Do zadawania paszy służy specjalna rama z przymocowanymi wygarniakami, które poruszając się wyrzucają kolejne porcje paszy bezpośrednio na korytarz paszowy.

Wycinak bloków kiszonki ma wagę co najmniej 1000 kg wraz z kiszonką, konieczna jest zatem duża nośność ciągnika, do którego jest mocowany. Bloki kiszonki nadają się do stosowania np. w systemach chowu z ograniczoną przestrzenią zadawania paszy, gdzie rolnik umieszcza zapas kiszonki na kilka dni [PRACA ZBIOROWA 2005a].

Wybierak kiszonki z frezem

Wybierak do kiszonki z frezem mocuje się na wozie paszowym TMR, na ładowni lub na trzypunktowym układzie zawieszenia ciągnika. Frez ma kształt cylindra z szeregiem ostrzy. Ma dużą wydajność. Mogą powstawać pewne straty kiszonki. Gładkość powierzchni po wycięciu zależy od konstrukcji freza i ostrości noży [PRACA ZBIOROWA 2005a].

W samojezdnym wozie paszowym frez jest zamontowany czołowo na ramieniu z przenośnikiem umożliwiającym załadunek zbiornika. Takie rozwiązanie pozwala operatorowi maszyny obserwować jej pracę. Elementem mieszającym w zbiorniku jest ślimak pionowy. Wozy samojezdne z frezem czołowym można wykorzystać zarówno do skrawania kiszonki w silosie jak również do rozdrobnienia całych bel paszy treściwej, lub też zebrać niedojady z korytarza paszowego w oborze.

Innym rozwiązaniem jest przyczepa paszowa wyposażona w frez, zamocowana do ciągnika. W przypadku maszyny ciągniętej z frezem operator ciągnika musi się odwrócić by móc śledzić i kontrolować pracę freza przy wybieraniu kiszonki. Ma też ograniczone pole widzenia, gdyż walec frezujący jest widoczny tylko do pewnej wysokości skrawania silosu. Stopień rozdrobnienia kiszonki zależy od prędkości frezu, ostrości oraz ilości noży zamocowanych na walcu frezującym. W przyczepie paszowej wyposażonej w frez elementem mieszającym jest ślimak poziomy. Zaletą wybierania kiszonki z silosu frezem jest pozostawienie gładkiej powierzchni, przez co ograniczony jest dostęp powietrza do wnętrza pryzmy, a tym samym występują małe straty wskutek gnicia kiszonki.

Elektryczny przecinak bel

Przecinak bel znajduje zastosowanie w gospodarstwach rolnych, w których konieczne jest przygotowanie słomy, siana lub innych materiałów roślinnych w formie mniejszych kawałków, np. do produkcji pasz, ścielenia czy kompostowania. Jest to maszyna, która umożliwia szybkie i efektywne podzielenie dużych bel na mniejsze części, co ułatwia dalszą obróbkę i transport. Przecinak bel wyposażony jest w ostrza lub noże, które przy pomocy silnika elektrycznego tną materiał. Zwykle urządzenie jest zaprojektowane w taki sposób, aby umożliwić łatwą regulację głębokości cięcia oraz precyzyjne kontrolowanie procesu. Dzięki kompaktowej budowie,

urządzenie jest łatwe do przechowywania i transportu.

Stacjonarny rozdrabniacz bel

Rozdrabniacz ten służy rozdrabniania różnych materiałów, takich jak słoma, siano, sianokiszonka, czy też drobne resztki roślinne, które są przechowywane w belach.

Zasada jego działania opiera się na rozrywaniu lub cięciu bel za pomocą silnych noży lub wałów tnących, które skutecznie rozbijają strukturę beli, przekształcając ją w drobniejsze kawałki. Dzięki tej funkcji maszyna jest w stanie przygotować materiał w odpowiedniej formie do dalszego użycia, np. do karmienia zwierząt. Posiada on napęd elektryczny.

W zależności od modelu, stacjonarne rozdrabniacze bel mogą być wyposażone w różne mechanizmy doprowadzające belę do systemu tnącego, a także w różne systemy sortujące, umożliwiające uzyskanie materiału o pożądanej wielkości frakcji.

Ciągnikowy rozcinacz bel słomy, siana

Rozcinacz przeznaczony jest do szybkiego i precyzyjnego rozdrabniania bel słomy, siana lub sianokiszonki. Montowany na ciągniku, umożliwia sprawne cięcie i równomierne rozrzucanie materiału, co znacząco ułatwia jego wykorzystanie jako ściółki lub paszy.

Dzięki wytrzymałej konstrukcji oraz ostrzom o wysokiej trwałości, rozcinacz skutecznie radzi sobie zarówno z belami okrągłymi, jak i prostokątnymi. Hydrauliczny system sterowania zapewnia wygodną obsługę i precyzyjne dopasowanie parametrów pracy. Urządzenie zwiększa efektywność gospodarstwa, poprawiając jakość przygotowywanej paszy lub ściółki.

Rozwijacz i rozrzutnik słomy

Uniwersalna konstrukcja rozdrabniaczy bel umożliwia zarówno zadawanie sianokiszonki, jak i ścielenie słomy w budynkach inwentarskich oraz na otwartej przestrzeni. Modele przystosowane są do pracy z belami cylindrycznymi, a w zależności od wersji – także z belami prostopadłościennymi, co zwiększa ich wszechstronność.

Sterowanie maszyną odbywa się z pozycji operatora – w wersjach podstawowych za pomocą trzysekcyjnego rozdzielacza hydraulicznego, natomiast w bardziej zaawansowanych modelach poprzez sterowanie elektryczne, co zwiększa komfort i precyzję obsługi. Hydraulicznie sterowany kanał wyrzutowy pozwala na precyzyjne kierowanie rozdrobnionego materiału, zarówno do żłobów, jak i na większe odległości, sięgające nawet 14 metrów, co jest szczególnie przydatne podczas ścielenia słomy. W wersjach wyposażonych w obrotowy kanał wyrzutowy możliwa jest dodatkowo płynna regulacja kierunku wyrzutu w zakresie do nawet 200°.

Wydajność i efektywność maszyny zapewnia system rozdrabniający, który składa się z jednego lub dwóch bębnow nożowych, w zależności od modelu. Rozdrobniony materiał jest następnie przekazywany na łopatki wirnika wyrzutowego, co gwarantuje równomierne i skuteczne rozprowadzanie słomy lub sianokiszonki. Nad bębniem nożowym zamontowano ruszt, który zapewnia równomierne podawanie materiału, chroni maszynę przed zaphaniem oraz zwiększa jej trwałość i niezawodność.

Mechaniczny, łańcuchowy przenośnik podłogowy, napędzany hydraulicznie, umożliwia płynną i bezstopniową regulację prędkości,

Rozdrabniacz bel słomy z rzutnikiem elektryczny

Rozdrabniacz bel słomy z rzutnikiem elektrycznym to urządzenie przeznaczone do rozdrabniania balotów słomy, które znajdują szerokie zastosowanie w rolnictwie, szczególnie w procesie produkcji pasz czy jako materiał do ściółkowania w oborach i chlewniach. Urządzenie to umożliwia skuteczne i szybkie rozdrobnienie dużych balotów słomy na mniejsze kawałki, które mogą być łatwiej transportowane i wykorzystywane w dalszych procesach.

Rozdrabniacz składa się z kilku kluczowych elementów. Silnik elektryczny zapewnia wystarczającą moc do rozdrabniania słomy, dzięki czemu rozdrabnianie jest szybkie i efektywne. Mechanizm tnący składa się z noży lub ostrzy, które są odpowiedzialne za cięcie słomy na mniejsze fragmenty.

Rozdrabniacz jest również wyposażony w system rzutnika, który umożliwia wyrzut rozdrobnionego materiału na określoną odległość, w zależności od ustawionych parametrów. System rzutnika pozwala na precyzyjne rozrzucenie słomy w oborze czy w innych miejscach, gdzie materiał ma zostać zastosowany.

Rozdrabniacz jest również wyposażony w systemy regulacji, które umożliwiają dopasowanie prędkości cięcia oraz odległości rzutu, co zapewnia pełną kontrolę nad procesem pracy.

Tabele 57a i 57b przedstawiają wskaźniki minimalnej obsady zwierząt dla wybranych maszyn i urządzeń do przygotowania i zadawania pasz objętościowych.

Tabela 15 a Wskaźniki minimalnej obsady zwierząt dla wybranych maszyn i urządzeń do przygotowania i zadawania pasz objętościowych

Rodzaj maszyny, urządzenia	Pojemność	Minimalna wielkość stada krów przy zadaniu paszy w ciągu dnia:		Okres eksploatacji T
	m ³	2 krotnym	3 krotnym	lata
Wycinak kisonki nożowy	1,5	20	55	15
	2,0	50	70	15
	2,5	60	90	12
	3,0	70	110	10
	4,0	100	150	10
Wybierak kisonki szczękowy	2,0	20	65	15
	2,5	50	80	15
	3,0	65	95	12
	4,0	85	125	10
	5,0	105	160	10
Wybierak kisonki ze skrzynią ładunkową i podajnikiem do zadawania paszy	1,2	28	42	15
	1,6	38	57	15
	2,3	55	81	15
	3,0	72	108	15
Wóz do załadunku i rozdrabniania bel oraz zadawania paszy	2,0	32	48	15
	4,0	64	96	15
	6,0	100	150	15
Wóz do rozdrabniania bel i zadawania siana lub słomy	3,0	50	75	15
	5,5	80	120	15

Tabela 57 b Wskaźniki minimalnej obsady zwierząt dla wybranych maszyn i urządzeń do przygotowania i zadawania pasz objętościowych.

Rodzaj maszyny, urządzenia	Moc	Minimalna obsada zwierząt	Wykorzystanie roczne W_R^N	Okres eksploatacji T	Potencjał eksploat. $0,7 \cdot T_H$
	kW	SD	godz./rok	lata	godz.
Elektryczny przecinak bel	1,5	25	50	15	700
Stacjonarny rozdrabniacz bel	5	25	60	20	1200
Ciągnikowy rozcinacz bel słomy, siana	40	25	60	20	1200
Rozwijacz i rozrzutnik słomy ciągnik	40	45	60	20	1200
Rozdrab. bel słomy z rzutnikiem, elektr.	5	25	50	14	700

9.1.2. Maszyny i urządzenia do pasz treściwych

Obejmują one różnego rodzaju rozdrabniacze, śrutowniki i mieszalniki oraz czerpaki. Służą do przygotowania pasz dla bydła, trzody chlewnej, drobiu i innych gatunków. Poniżej znajdują się opisy ważniejszych z nich.

Czerpak materiałów sypkich

Czerpak materiałów sypkich wyposażony jest w boczne ścianki, bez urządzeń tnących. Jest to proste i powszechnie stosowane wyposażenie ładowarki mocowanej z przodu ciągnika lub ładowarki samojezdnej.

Czerpaki należy stosować przede wszystkim do przenoszenia koncentratów i napełniania nimi urządzeń do zadawania paszy, jak np. wozy paszowe TMR.

Po wybraniu kisonki z pryzmy przy użyciu czerpaka pozostaje nierówna powierzchnia, gdyż czerpak nie wycina wybieranej porcji kisonki z pryzmy [PRACA ZBIOROWA 2005A]. Czerpaki są często wyposażeniem wielu modeli miniładowarek teleskopowych, które mogą operować na większych wysokościach.

Rozdrabniacze bijakowe ze względu na swoje zalety stają się podstawową maszyną do przeróbki pasz treściwych, wypierając stopniowo różne rodzaje śrutowników.

Rozdrabniacze do zboża służą do rozdrabniania ziaren zbóż, takich jak: kukurydza, owies czy jęczmień na śrutę, czyli formę paszy łatwo przyswajalnej przez zwierzęta [ROMANIUK, MAJCHRZAK 2013].

Najważniejszymi zaletami rozdrabniaczy bijakowych są:

- uniwersalność zastosowania i możliwość rozdrabniania praktycznie wszystkich rodzajów pasz;
- łatwa regulacja stopnia rozdrobnienia przez wymianę sit;
- wyeliminowanie nagrzewania się materiału przy rozdrabnianiu;

- niezależanie się elementów roboczych w czasie pracy, nawet przy rozdrabnianiu materiału o dużej wilgotności;
- duża niezawodność pracy i prosta obsługa;
- możliwość wyposażenia rozdrabniacza w wentylator do bezpośredniego transportu pneumatycznego produktu;
- możliwość pełnej automatyzacji procesu rozdrabniania.

Rozdrabniacz bijakowy ssąco-tłoczący służy do rozdrabniania ziarna zbóż, kukurydzy, lucerny czy innych surowców roślinnych i nasion roślin strączkowych. Urządzenie samoczynnie zasysa ziarno i tłoczy je w formie śruty do mieszalnika. Tego typu urządzenie łączy w sobie funkcje tłoczenia, mielenia oraz zasysania materiału, co zapewnia wysoką efektywność obróbki i transportu pasz. Podstawowym elementem roboczym jest zespół bijakowy, który składa się z bijaków, często przybierających formę obrotowych młotów lub łopat. Bijaki zamocowane są na wirniku, który obraca się z dużą prędkością, rozdrabniając materiał na mniejsze kawałki. Surowiec przemieszcza się do komory mielącej, która stanowi miejsce właściwego mielenia. W tej komorze wirnik z bijakami uderza w materiał, a sita oddzielają zmielony materiał o odpowiedniej wielkości od pozostałych cząsteczek. Sita pełnią funkcję klasyfikującą, cząstki o odpowiedniej wielkości przechodzą przez otwory sita, natomiast te zbyt duże wracają do dalszego rozdrabniania w komorze mielącej.

Śrutownik tego typu posiada także system ssący, który zasysa materiał do młyna. Wentylator lub turbina wytwarzają podciśnienie, które zapewnia transport surowca do komory mielącej. Rozdrobniony materiał może zostać poddany dalszemu procesowi tłoczenia lub transportowany do innych urządzeń w procesie produkcji pasz.

Mieszalnik pionowy

Spośród mieszarek porcjowych z pionowym zespołem roboczym w przemyśle paszowym znalazły zastosowanie mieszarki ślimakowe, ślimakowo-rurowe, planetarne i wstęgowe. Wszystkie mieszarki z tej grupy mają zespół roboczy typu śrubowego, a różnią się kształtem zbiornika, rodzajem napędu lub dodatkowym wyposażeniem. Istnieje wiele konstrukcyjnych modyfikacji mieszarki ze ślimakowym mieszadłem pionowym.

Mieszarka - silos zawiera zbiornik zakończony lejem z umieszczonym wewnątrz ślimakowym przenośnikiem i wysypem utworzonym na powierzchni leja. Przenośnik ślimakowy obudowany rurą wyprowadzony jest; poniżej zakończenia leja, a na powierzchni bocznej leja wykonany jest co najmniej jeden wspomagający wysyp umieszczony nad zasypowym koszem. Zbiornik zamocowany jest na podporowych ścianach, z których dwie tworzą boczne ścianki zasypowego kosza. Ściany podporowe umieszczone są na podstawie, do której zamocowany jest silnik z przekładnią pasową napędzającą ślimakowy przenośnik.

Zastosowanie w mieszarce wspomagającego wysypu umieszczonego w dolnej części leja nad koszem zasypowym oraz przedłużenie obudowanego rurą przenośnika pozwala na utworzenie dodatkowego obwodu mieszania. Niewymieszane komponenty znajdujące się po bokach leja i w jego dolnej części oraz w dolnej części przenośnika zostają wymieszane po otwarciu wspomagającego wysypu, przez który przesypuje się je do kosza zasypowego. Zawartość kosza jest transportowana w górę przenośnikiem i dostaje się do głównego obiegu mieszania lub do

dodatkowego obwodu. Dodatkowy obwód mieszający pozwala na dokładne wymieszanie składników paszy znajdujących się w strefie o zmniejszonej efektywności mieszania głównego obiegu. Przedłużenie przenośnika pozwala również na ułożyskowanie wału ślimaka w płycie podstawy i zamocowanie napędu na podstawie mieszarki zwiększając jej stateczność oraz umożliwiając łatwy montaż i konserwację elementów napędzających. Zastosowanie ścian podporowych, na których osadzony jest zbiornik usztywnia konstrukcję mieszarki, a wykorzystanie ich do konstrukcji zasypowego kosza czyni konstrukcję prostszą i tańszą, przyczyniając się jednocześnie do zwiększenia stateczności. Zwiększenie stateczności mieszarki oraz usztywnienie jej konstrukcji umożliwia powiększenie zbiornika, który może być wykorzystany jako silos do przechowywania znacznych ilości paszy.

Od mieszalni pasz sypkich, obok sprawnego i dokładnego mieszania wymaga się również by mieszane w niej komponenty nie ulegały w procesie produkcji stratom, np. na skutek zbyt silnego ich rozpylania. Dotyczy to zwłaszcza wszelkiego rodzaju składników pylistych, np. prefiksów mineralno-witaminowych dodawanych do mieszanek w niedużych ilościach (do 1%).

Wskaźniki minimalnej obsady zwierząt dla maszyn i urządzeń do przygotowania pasz treściwych przedstawia tabela 58.

Tabela 16 Wskaźniki minimalnej obsady zwierząt dla maszyn i urządzeń do przygotowania i zadawania pasz treściwych

Rodzaj maszyny, urządzenia		Moc	Minimalna obsada zwierząt
		kW	SD
Śrutownik tłoczący bijakowy ssąco- tłoczący o wydajności (t/h)	0,6-0,9	7,5	25
	0,8-1,2	11	80
	1,0-1,6	15	100
	1,5-2,0	18	300
Mieszalnik pionowy o ładowności (kg)	500	2,2	25
	750	2,2	60
	1000	2,2	100
	1500	2,2	150
	2000	3	200

9.2. Maszyny i urządzenia do pojenia i karmienia zwierząt

9.2.1. Maszyny i urządzenia do zadawania pasz objętościowych

Wozy paszowe

Wozy paszowe są stosowane w żywieniu bydła, służą do wymieszania pełnoporcjowej paszy – dawki żywieniowej złożonej ze składników takich jak kiszonka z kukurydzy, sianokiszonka z traw, słoma, pasza treściwa i dodatki paszowe, o łącznej ilości od około 40 do około 55 kg/krowę wysokomleczną.

Dobór wozu paszowego do grupy żywieniowej zwierząt

Planując wielkość- objętość wozu paszowego należy przyjąć objętość jednokrotnego zadania całodniowej dawki paszy TMR dla największej grupy żywieniowej (grupa krów żywionych taką samą ilością i rodzajem paszy) w stadzie. Przy tym założeniu pojemność wozu mieszającego do zadawania TMR powinna wynosić od 0,12 m³ do 0,16 m³ na krowę w grupie żywieniowej, w zależności od wydajności mlecznej krów i składu mieszanki.

Pojemność wozu paszowego obliczamy według wzoru:

$$V_{WP} = \frac{L_{KG} \cdot dP}{a \cdot k} [m^3]$$

gdzie:

V_{WP} – pojemność wozu paszowego mieszającego [m³],

L_{KG} – liczba krów w grupie żywieniowej,

dP – objętość pełnoporcjowej dawki paszy (TMR), która wynosi średnio 0,14 +/-0,02 m³/ krowę, co odpowiada około 40 do 55 kg TMR na 1 krowę wysokomleczną,

a – współczynnik uwzględniający 10- 30% naddatek nominalnej pojemności wozu; dla wozów ze ślimakowym systemem mieszającym $a = 0,80- 0,90$; dla wozów łopatowych $a = 0,70$

k – współczynnik korekcyjny PROW; $k = 0,35-0,70$ zależnie od pojemności wozu.

Zaleca się, aby wypełnienie wozu paszowego nie przekraczało 80-85%.

Zwiększenie o 10-30% wynika z faktu, iż większość wozów napełnia się tylko częściowo (nie wykorzystując w pełni ich pojemności nominalnej), aby możliwe było skuteczne rozdrobnienie i wymieszanie paszy.

Jest to zwłaszcza istotne podczas sporządzania mieszanek o dużym udziale suchej masy (siano, podsuszona sianokiszonka, słoma).

Współczynnik korekcyjny $k = 0,35- 0,70$ uwzględnia potencjał rozwojowy gospodarstwa, w tym możliwy wzrost wielkości stada.

Przykładowo, dla grupy żywieniowej liczącej 39 krów wysokomlecznych, żywionych taką samą ilością i rodzajem paszy, zasadne jest zastosowanie wozu paszowego o pojemności 10 m³. Gdy stosowany jest system dwukrotnego sporządzania i zadawania TMR w ciągu dnia,

wówczas wystarczy wóz o pojemności 5 m³

Wariant A – Dobór wozu paszowego do stad o małej i średniej obsadzie krów (tab. 59)

W mniejszych i średnich stadach o obsadzie do ok. 50– 60 krów wóz paszowy dobiera się zwykle pod kątem jednokrotnego przygotowania i zadania paszy dla całego stada krów, bez wyróżniania oddzielnych grup żywieniowych. Taka organizacja żywienia usprawnia obsługę zwierząt i skraca czas pracy rolnika. Takie rozwiązanie jest to szczególnie istotne w gospodarstwach, w których stado krów zgrupowane jest w jednej oborze, gdyż oddzielne zadawanie paszy dla dwóch mniejszych grup, wywołuje niepotrzebny stres u zwierząt oczekujących na przygotowanie i zadanie drugiej porcji mieszanki.

Objętość wozu może także uwzględniać potrzeby pokarmowe krów zasuszonych oraz w okresie przejściowym. Zadawanie paszy tym krowom wykonuje się tym samym wozem – końcówką pozostałej w zbiorniku mieszanki, po jej uzupełnieniu o odpowiednie komponenty.

W rezultacie do obsługi mniejszych i średnich stad krów konieczny jest wóz paszowy o objętości dostosowanej do jednokrotnego przygotowania i zadania paszy całemu stadu krów. Mieszanka dla pozostałego bydła (jałówki, młodzież, bydło opasowe) powinna być przygotowana i zadana oddzielnie.

Trzeba jednak zauważyć, że pomiędzy gospodarstwami o zbliżonej liczbie krów mlecznych, mogą występować spore różnice w doborze optymalnej wielkości i rodzaju wozu paszowego. Powodowane jest to między innymi takimi czynnikami jak:

- potrzeby pokarmowe (wydajność mleczna) i struktura stada krów,
- rodzaj i postać komponentów mieszanki paszowej,
- wymiary obory (wysokość wrót, szerokość ganków przejazdowych),
- odległość silosu, sposób załadunku wozu itp.

Udział włókna (%) w dawce rośnie od początku laktacji, natomiast w okresach środkowym i zasuszenia zaleca się utrzymać na podobnym poziomie.

Ogół powyższych czynników wpływa na dobór wozu paszowego do określonego stada krów z punktu widzenia efektywnej organizacji pracy podczas przygotowania i zadawania paszy.

Wariant B – Dobór wozu paszowego do stad o dużej obsadzie zwierząt (tabela 59).

W dużych stadach krów jeden wóz paszowy wykorzystuje się do obsługi kilku grup żywieniowych, przy czym dla każdej grupy należy sporządzić oddzielną mieszankę. Pojemność wozu powinna być dostosowana do grupy zwierząt o największych wymaganiach żywieniowych. Na dużych fermach bydła mlecznego najbardziej efektywnym systemem żywienia krów jest podzielenie ich na 4 (5) grup żywieniowych:

- 1 grupa krów w okresie zasuszenia właściwego i okresu przejściowego (razem około 15% krów w stadzie),
- 3 (4) grupy krów w laktacji.

W ocenie wniosków o dofinansowanie zakupu wozów paszowych należy przyjąć upraszczające założenie, że w dużych stadach krów mlecznych znajdują się co najmniej 2 grupy żywieniowe, stanowiące ok. 85% średniorocznej obsady krów. Mieszanka TMR dla poszczególnych grup powinna być przygotowywana i zadawana **oddzielnie**. W tym przypadku do obsługi całego stada wystarczy wóz o mniejszej pojemności niżby to wynikało z liczebności całego stada.

Tabela 17 Dobór wozu paszowego (mieszejącego lub mieszejąco-rozdrabniającego) do grup żywieniowych i stada krów

Wyszczególnienie		Pojemność wozu (m ³)											
		5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20
Współczynnik korekcyjny k		0,35	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,65	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Liczba krów w grupie żywieniowej*		10	15	20	25	33	39	43	51	60	72	81	90
Minimalna obsada krów w stadzie, w zależności od liczby grup żywieniowych**	1 grupa (A)	12	18	24	30	39	46	51	60	×	×	×	×
	2 grupy (B)	×	×	×	60	77	93	102	120	140	169	191	212

* Liczba krów w jednej grupie żywieniowej przy założeniu jednokrotnego zadania paszy w ciągu dnia.

** Struktura stada: 85% - krowy w laktacji, 15% - krowy zasuszone i w okresie przejściowym.

A – Minimalna obsada krów wg stanu średniorocznego w stadach do 60 krów, z wyróżnioną tylko jedną grupą żywieniową liczącą do 51 krów ($51=60 \cdot 0,85$). **B** - Minimalna obsada krów wg stanu średniorocznego w stadach od 60 krów podzielonych na 2 oddzielne grupy żywieniowe po 25 krów. W przypadku wozów paszowych z poziomym mieszadłem łopatkowym minimalna liczba krów przypadająca na 1 wóz powinna być o około 13% mniejsza.

Kryterium oceny: **Minimalna obsada** krów mlecznych w stadzie wg stanu średniorocznego, w zależności od liczby grup żywieniowych w stadzie:

A – jedna grupa, **B** – dwie grupy.

Tolerancja oceny: $\pm 20\%$ uwzględniająca między innymi zróżnicowanie ilości i objętości pełnoporcjowej dawki TMR ($0,14 \pm 0,02 \text{ m}^3/\text{krowę}$).

PRZYKŁAD:

Rolnik wnioskuje o dofinansowanie zakupu wozu paszowego o pojemności 12 m³. Stado liczy 46 szt. krów mlecznych, w którym wydzielono tylko 1 grupę żywieniową w liczbie 39 krów. Mieszanka paszowa TMR zadawana jest jednokrotnie w ciągu dnia, dla powyższej obsady krów maksymalna objętość wozu paszowego nie powinna przekraczać 10 m³, a uwzględniając 20% tolerancję oceny: $10 \times 1,2 = 12 \text{ m}^3$. Kalkulacja ta potwierdza zasadność zakupu wozu paszowego o pojemności 12 m³ do stada 46 krów mlecznych.

W przypadku dwukrotnego zadawania paszy w ciągu dnia, względnie wydzielenia w stadzie dwóch odrębnych grup żywieniowych, wówczas do przygotowania i zadawania paszy wystarczy wóz paszowy o połowę mniejszy.

W stadach krów o zróżnicowanych wymaganiach pokarmowych poszczególnych grup zwierząt, można także zastosować żywienie w systemie **PMR** (dawka częściowa). W tym przypadku ogół krów otrzymuje mniejszą, podstawową dawkę paszy (np. $25 \div 30 \text{ kg/sztukę}$ lub mniej; $0,08 \div 0,09 \text{ m}^3/\text{krowę}$), a krowy o wyższych wymaganiach otrzymują indywidualnie brakującą ilość paszy, zwłaszcza treściwej (ręcznie lub z komputerowych

stacji paszowych).

Wśród rozwiązań konstrukcyjnych wozów do mieszania, rozdrabniania i zadawania paszy wyróżnia się wozy ciągnikowe i samobieżne oraz z różnymi rozwiązaniami ślimaków (poziome, pionowe) lub łopat mieszających. Wozy samobieżne z frezem do pobierania kiszonki z przyzmy i jej załadunku do zbiornika znajdują zastosowanie głównie na dużych fermach bydła.

Planując zakup wozu paszowego należy mieć także na uwadze możliwości rozwojowe gospodarstwa, w tym przewidywany wzrost liczebności stada krów.

9.2.2. Urządzenia do zadawania pasz treściwych.

Stacje paszowe

Komputerowe stacje paszowe stosuje się do automatycznego żywienia krów, a także cielaków i loch paszą treściwą. Istotą tego sposobu żywienia jest dostosowanie ilości skarmianej paszy treściwej do wydajności (potrzeb) poszczególnych zwierząt. Zwierzęta muszą być wyposażone w transpondery (elektroniczne *czipy*), dzięki którym są one identyfikowane przez czytnik stacji paszowej. W zależności od np. wydajności mlecznej krowa otrzymuje dokładnie odmierzoną ilość paszy (w kilku porcjach w ciągu dnia). Zwierzę nie dostanie więcej paszy niż to wynika z jego indywidualnych potrzeb. Pracą systemu zarządza program zainstalowany w przenośnym lub stacjonarnym komputerze. Stosując stacje paszowe rolnik ma możliwość kontroli, za pośrednictwem komputerowego programu, czy cała zadana dawka paszy została spożyta. Użytkowanie stacji pozwala na zmniejszenie czasochłonności pracy podczas zadawania paszy.

Dostępne na rynku stacje paszowe są przystosowane do obsługi:

- 25-50 krów, ale praktycznie zaleca się **25-30 krów na 1 stację** (krowy są utrzymywane w systemie wolnostanowiskowym); zwykle 1 program zarządzający steruje pracą 4 stacji,
- 25 cieląt (stacja pojenia cieląt i zadawania paszy),
- 40-50 (60) loch w boksie, a to może oznaczać 100-120 loch stanu średniorocznego (w cyklu zamkniętym).

Stacje paszowe dla loch są stosowane w Polsce sporadycznie i to wyłącznie na dużych fermach. W większości krajowych gospodarstw zajmujących się chowem trzody chlewnej lochy są utrzymywane w niewielkich kojach (na 6-10 sztuk), co uniemożliwia racjonalne stosowanie stacji paszowych.

Tabela 60 Dobór komputerowych stacji paszowych do grup zwierząt

Gatunek zwierząt	Krowy	Cielęta	Lochy
Liczba zwierząt przypadająca na 1 stację paszową	30 (+/-5)	25	50* (+/-10)

* Liczba loch w boksie, co oznacza, że cyklu zamkniętym na 1 stację przypada około 100 loch.

Stacje paszowe dla krów mlecznych:

$$P_K = \frac{L_K}{s_K}$$

gdzie: P_K – liczba komputerowych stacji paszowych dla krów,
 L_K – liczba krów mlecznych według stanu średniorocznego utrzymywanych w systemie wolnostanowiskowym,
 s_K – liczba krów na 1 stację; $s_K = 30 (+/-5)$.

$$P_L = \frac{L_L}{2 \cdot s_L}$$

gdzie:

P_L – liczba komputerowych stacji paszowych dla loch,
 L_L – liczba loch według stanu średniorocznego,
 s_L – liczba loch na 1 stację; $s_L = 50 (+/-10)$.

Przenośniki pasz

Są to zautomatyzowane linie technologiczne – służące do przemieszczania pasz treściwych, sypkich i granulowanych z silosów do autokarmników, stacji paszowych lub koryt (żłobów). Wyróżniamy przenośniki ślimakowe (inaczej śrubowe) i koralikowe. Ich dobór, w przypadku trzody chlewnej zależy min. od sposobu żywienia: na sucho czy na mokro. Innym czynnikiem jest długość budynku. W budynkach dłuższych istnieje konieczność zastosowania kilku paszociągów przy umiejscowieniu silosu zasobnikowego na środku budynku.

Przenośniki ślimakowe służą do przemieszczania materiałów ziarnistych w kierunku poziomym, pochylonym względem poziomu oraz pionowym. Najczęściej spotykanym jest przekrój kołowy przenośnika, wewnątrz którego znajduje się wałek z nawiniętym ślimakiem [ROMANIUK, MAJCHRZAK 2013].

Przenośniki zabierakowe

W przenośnikach zabierakowych transportowana pasza jest przesuwana po nieruchomej powierzchni rynny za pomocą zaczepów rozmieszczonych na ciągnie. Przenośniki te najczęściej są używane do poziomego transportu pasz, a także do załadunku i rozładunku silosów. Przenośniki zabierakowe do paszy mają rynnę całkowicie zamkniętą o przekroju okrągłym lub kwadratowym. W rynnie przemieszcza się łańcuch (ciągnio) ze specjalnie ukształtowanymi ogniwami (zabieraki) zanurzonymi w warstwie transportowanego materiału. W skład systemu łańcuchowo-zabierakowego zadawania paszy wchodzi: jednostka napędowa, rury wraz z zabierakiem łańcuchowym, automatyczne zsypy paszy oraz kolano paszociągu.

Przenośniki pneumatyczne

Przemieszczają one paszę (treściwą suchą lub mokrą) za pomocą powietrza, transportowana pasza o różnym stopniu koncentracji przemieszcza się do miejsca docelowego. Są odpowiednie do żywienia na mokro, ich wadą jest wysokie zużycie energii. Przenośniki te zapewniają hermetyzację transportu, eliminację strat materiału i pylenia, bezpieczeństwo pracy (brak ruchomych części), małe gabaryty, możliwość prowadzenia przewodów w różnych poziomach i kierunkach.

Do wad można zaliczyć duże zużycie energii i szybkie zużywanie się przewodów i osprzętu (kolan, zwężek) oraz znaczne rozdrobnienie transportowanej paszy.

Odmianą przenośników pneumatycznych są dmuchawy ssąco-tłoczące, które umożliwiają pobieranie ziarna np. z przymy, przyczepy lub silosu oraz jego przemieszczenie [PRACA ZBIOROWA 2005 a; PRACA ZBIOROWA 2005 b].

W rolnictwie najczęściej używane są przenośniki pneumatyczne o wydajności 2–7 t/h przy stosunkowo dużym poborze mocy 5,5–7 kW. Stosowane średnice przewodów transportowych wynoszą 160-200 mm. Przenośniki pneumatyczne mogą transportować materiał w transporcie poziomym do 80 m i w pionowym do 8-10 m. Duży pobór mocy ogranicza stosowanie w gospodarstwach rolnych przenośników o wydajności powyżej 7 t/h.

Wydajność osiągnięta przeciętnie (2-3 t/h) utrudnia sprawny rozładunek i załadunek paszy podczas żniw, zwłaszcza w większych gospodarstwach. Znajdują one jednak dużo zwolenników ze względu na uniwersalność (np. można nimi załadować magazyny różnego typu) i możliwość dodatkowego wykorzystania wentylatora.

Odmianą przenośników pneumatycznych są dmuchawy ssąco-tłoczące, które umożliwiają pobieranie ziarna np. z przymy, przyczepy lub silosu oraz jego przemieszczanie

Tabela 61 Przykładowe wydajności i moce urządzeń transportujących pasze dostępnych aktualnie na rynku.

Rodzaj przenośników	Wydajność ^{*)} t·h ⁻¹	Moc [kW]	*) przy poziomym ułożeniu przenośnika, przy ułożeniu przenośnika pod kątem 45o. wydajność spada do 60%, a przy ułożeniu pionowym spada do 30% wydajności maksymalnej.
Przenośniki ślimakowe	4,5-6	0,25/0,3	
	6-8	1,5	
	8-26	2,2	
	5-16	1,5	
	16-20	1,5-3	
	20-24 *	2,2 -3,0	
	do 35 t·h ⁻¹ *	4,0	

9.2.3. Urządzenia do pojenia zwierząt

Pojenie świń

Tabela 18 Zapotrzebowanie na wodę u różnych kategorii świń [PRACA ZBIOROWA 2005 c]

Grupa świń	Zapotrzebowanie na wodę (litry na dzień)
Prosięta ssące	1-2
Warchlaki	1-5
Świnie w okresie wzrostu, 15-45 kg	4-8
Tuczniki 45-100 kg	6-10
Maciory prośne	12-20
Maciory karmiące	25-35
Knury	8-10

Do pojenia świń stosuje się poidła:

- smoczkowe do ssania, poidła smoczkowe do ogryzania (wyłącznie dla prosiąt)
- zawory nosowe (wyłącznie dla macior)
- poidła miseczkowe, koryto z wodą pitną (dla wszystkich kategorii).

Poidła miseczkowe muszą dawać 1 litr wody na minutę, jedno poidło może obsłużyć 15-30 świń lub 15 macior zależnie od rodzaju paszy.

Pojenie krów

Tabela 63 przedstawia zapotrzebowanie krów na wodę w oborze w różnym stadium laktacji.

Tabela 63 Dobowe zapotrzebowanie bydła na wodę.

Kategoria	Zapotrzebowanie dobowe na wodę
Krowy cielne	28 L/dobę (od 3 do 6 L za każdy kg suchej masy paszy)
Krowy w laktacji wysokowydajne (rasy HF)	68,04–151,32 L /dzień
Krowy zasuszone	34.02–49.21 L /dzień

Źródło: Golher D. M. za: Swistock 2016.

W budynkach inwentarskich stosuje się **różne rodzaje poidel**.

Poidła smoczkowe: nie są zalecane cielętom, gdyż będą one ich używały jako substytutu strzyków.

Poidła miskowe – to poidła o prostszej budowie, gdzie woda znajduje się w misce, do której krowy mają swobodny dostęp. Wymagają regularnego czyszczenia, aby uniknąć zanieczyszczeń w wodzie.

W systemie stanowiskowym zaleca się zainstalowanie jednego poidła miskowego na zwierzę. W systemach wolnostanowiskowych zaleca się zastąpienie poidel miskowych komorowymi.

Poidła komorowe – są to poidła, w których woda dostarczana jest do komory, z której krowy piją. Komora jest zwykle otoczona dystansem, co minimalizuje zanieczyszczenie wody przez brud czy odchody, wyposażone są w mechanizm automatycznego napełniania wody, gdy poziom wody spada poniżej określonego poziomu. Nie zaleca się łączenia poidel komorowych ze sobą, gdyż spowoduje to przepływanie zanieczyszczonej wody z jednego poidła do następnego.

Pojemność pojedynczych poidel komorowych powinna wynosić 200–300 litrów; woda powinna być dostarczana z prędkością co najmniej 10 litrów na minutę. Pojemność poidel można zmniejszyć do około 100 litrów, jeśli instalacja wodna przewiduje dopływ wody wynoszący 15–20 litrów na minutę.

Poidła wannowe – poidła w formie wanny, z której krowy mogą pić wodę. Charakteryzują się dużą powierzchnią dostępu do wody, co umożliwia jednocześnie picie przez większą liczbę zwierząt. Zwykle są zainstalowane w oborach w sposób umożliwiający swobodny dostęp do wody dla wszystkich krów. Mają też zastosowanie na pastwiskach.

Pojemność poidel wannowych dostępnych na rynku wynosi do 1000 litrów.

Tabela 64 Projekt obszaru pojenia – liczba zwierząt na poidła.

Masa zwierzęcia (kg) od:	100	200	300	400	500	600	700
Liczba zwierząt na poidło miskowe	10	10	8	8	6	6	6
Liczba zwierząt na 1 metr poidła komorowego	20	17	13	12	11	10	10

Mobilne systemy pojenia zwierząt

Istotną sprawą w pastwiskowaniu jest pojenie zwierząt oraz zapewnienie im dostępu do lizawek. Na pastwiska, gdzie nie ma naturalnych cieków wodnych, należy wodę dostarczyć, najlepiej beczkowitzem i można ją zadawać z poidel wannowych. Przy większej liczbie zwierząt bardziej celowe jest zastosowanie **pomp pastwiskowych** uruchamianych przez zwierzęta.

Jedna sztuka duża bydła na pastwisku wymaga codziennie średnio 50-80 litrów wody, które są całkowicie niezbędne, zwłaszcza w upalne dni. Najodpowiedniejsza jest woda bieżąca z czystych rzek, potoków, jeżeli woda w nich jest klarowna i pozostaje w ruchu.

Bydło pobiera wodę na pastwisku 2-5 razy na dzień, w zależności od odległości od źródła wody. Zapotrzebowanie krów na wodę na pastwisku przedstawia tabela 65.

Tabela 65 Dobowe zapotrzebowanie na wodę na pastwisku dla bydła.

Rodzaj zwierząt	Średnie zapotrzebowanie wody na dobę na pastwisku $\text{dm}^3 \cdot \text{szt}^{-1}$	Współczynnik równomierności dobowego poboru wody
Krowy mleczne	60	4,5
Krowy opasowe, woły	50	4,5
Bydło młode	30	4,5

Źródło: Fiedorowicz G. 2008.

9.3. Maszyny i urządzenia do pozyskiwania i przechowywania mleka

Ocena racjonalności doboru urządzeń udojowych

Na dobór urządzeń służących do doju i schładzania mleka wpływa wiele czynników: system utrzymania, wielkość stada, wydajność mleczna krów, częstotliwość oraz system odbioru mleka.

Tabela 66 przedstawia rodzaje urządzeń do doju dedykowane dla obór w systemie stanowiskowym i wolnostanowiskowym.

Dojarki bańkowe są tanie w zakupie, montażu i eksploatacji jednak ich użytkowanie wymaga przenoszenia baniek i ręcznego przelewania mleka do schładzarki, dlatego zaleca się ich stosowanie w mniejszych stadach. Tego rodzaju dojarki stosowane są w stadach krów o średniej rocznej wydajności do 5000 litrów mleka/krowę.

Mniej pracochłonna jest obsługa dojarek rurociągowych, jednakże wadą ich są wahania podciśnienia, zwłaszcza pod strzykami, co negatywnie wpływa na zdrowie krów powodując *mastitis*. Tego typu dojarki są powszechnie stosowane w oborach o obsadzie od 10 do 100 krów lub więcej.

Tabela 66 Rodzaje dojarek

Obory stanowiskowe			Obory wolnostanowiskowe		
Urządzenie	Miejsce doju	Droga transportowa mleka	Urządzenie	Miejsce doju	Droga mleka
Dojarki bańkowe	Stanowisko	Bańka, następnie zbiornik na mleko	Dojarki rurociągowie	Hala udojowa	Mleko z aparatu udojowego trafia rurociągiem do schładzarki
Dojarki rurociągowo-mleko trafia rurociągiem do schładzarki	Stanowisko	Mleko z aparatu udojowego trafia rurociągiem do zbiornika schładzania mleka		Stanowisko robota	

Wyróżnia się następujące typy dojarni: rybia ość, tandem, równoległa, karuzela różniące się usytuowaniem stanowisk udojowych.

Roboty udojowe należą do najbardziej zaawansowanych systemów pozyskiwania mleka. Pozwalają na dwukrotny lub bardziej częsty dój krów praktycznie bez udziału siły roboczej. Na rynku oferowane są roboty 1,2 i wielostanowiskowe a wśród tych ostatnich są również zrobotyzowane dojarnie karuzelowe.

Według WINNICKIEGO [2019] oraz BORUSIEWICZA I IN. [2023], robot udojowy można stosować w stadzie o wysokim potencjale produkcyjnym żywionym intensywnie. Wówczas zwiększenie częstotliwości doju spowoduje wzrost wydajności mlecznej [WINNICKI I IN. 2019; BORUSIEWICZ I IN. 2023].

Przykładowo, dla stada liczącego 60 do 70 krów wysokomlecznych (powyżej 8000 litrów/rok/krowę) roczny udój wyniesie minimum 500 tys. litrów mleka i ta wartość jest dobrym wyznacznikiem dla zastosowania robota udojowego przy zachowaniu ekonomicznej zasadności. Krów o jeszcze wyższej wydajności może być mniej.

Tabela 67 przedstawia zwięzłą charakterystykę różnych typów dojarni. Dobór urządzeń udojowych w zależności od wielkości stada i systemu utrzymania krów przedstawiają tabele 68, 69 i 70.

Tabela 67 Charakterystyka różnych typów dojarni

Typ dojarni Opis	Rybia ość	Równoległa	Tandem	Karuzela- Dojarz wewnątrz	Karuzela- dojarz zewnątrz
Możliwość obserwacji krów na stanowiskach udojowych	średnia	mała	duża	średnia	mała
Zakładanie aparatu udojowego	z boku	między zadnimi nogami	z boku	z boku	między zadnimi nogami
Odległość jaką pokonuje dojarz przy zakładaniu aparatu udojowego	średnia	mała	duża	dojarz stoi w miejscu a platforma przesuwa się	dojarz stoi w miejscu a platforma przesuwa się
Wchodzenie krów na stanowisko udojowe	grupowe	grupowe	pojedyncze	pojedyncze	pojedyncze
Czas przebywania grupy krów na stanowiskach udojowych zależy od krowy najdłużej dojrzej	tak	tak	nie	nie	nie
Możliwość obserwacji krów wchodzących na stanowiska udojowe i wychodzących z nich	tak	tak	tak	nie	tak
Koszt zakupu, montażu i eksploatacji jednego stanowiska udojowego	mały	mały	średni	średni	średni

Tabela 68 Dobór urządzeń udojowych w zależności od wielkości stada w systemie stanowiskowym

Rodzaj dojarki	Liczba krów			
	1-9	10-29	30-69	70-100
Dojarka bańkowa	1-2 bańkowa	2-4 bańkowa	Nie zalecana	
Dojarka rurociągową	Nie zalecana	2-3 aparaty udojowe	3-6 aparatów udojowych	6-8 aparatów udojowych

Tabela 69 Dobór robotów udojowych.

Roboty stanowiskowe		Automatyczna dojarnia karuzelowa
Rodzaj	Liczba krów	Dojarka karuzelowa z 24 stanowiskami obsługiwanymi przez 1 robot udojowy z 3 lub 5 manipulatorami. Według wstępnych szacunków minimalna liczba dojonnych krów powinna wynosić 700-900 szt
1–stanowiskowy	(55) 60-80	
2–stanowiskowy	110-150	
3-5–stanowiskowy	200-350	

Tabela 70 Dobór dojarni w zależności od wielkości stada w systemie wolnostanowiskowym

Rodzaj dojarni	Liczba krów										
	20 – 39	40 – 59	60 – 79	80 – 99	100 – 119	120 – 139	140 – 159	160 – 179	180 – 199	200 – 249	250 – 300
	Liczba stanowisk udojowych*										
Rybia ość tradycyjna	2×3	2×4; 1×4□5	2×6	2×8	2×10	2×12**	nie zalecana				
Rybia ość z wyjściem jednoczesnym	nie zalecana	2×4	2×5	2×6	2×8	2×10	2×12	2×16**	2×20**	2×24**	nie zalecana
Równoległa	nie zalecana	1×8	1×10	2×6	2×8	2×10	2×12	2×16**	2×20**	2×24**	2×30***
Tandem	2×3	2×4	2×5	2×5	nie zalecana						
Karuzelowa, dojarz wewnątrz	nie zalecana					16	18	20	24**	32**	40**
Karuzelowa, dojarz zewnątrz	nie zalecana								24**	32**	40**
Postępowanie wg wytycznych z tych tabel gwarantuje czas doju nie przekraczający 1,5 h. Jednocześnie zaleca się, aby czas oczekiwania krów w poczekalni nie przekraczał 1 h, aby nie narażać zwierząt na niepotrzebny stres. Można też dobrać mniejszą dojarnię, ale tylko tam gdzie organizacja na to pozwala i zwierzęta da się podzielić na grupy.											

* Liczby w komórkach oznaczają liczbę stanowisk udojowych np.: dojarnia tandem 2×4 to dojarnia z 8 stanowiskami udojowymi usytuowanymi po 4 stanowiska z dwóch stron kanału dojarza a dojarnia równoległa 1×8 to dojarnia z 8 stanowiskami udojowymi usytuowanymi tylko po jednej stronie kanału dojarza. ** Dojarnię obsługują 2 osoby. *** Dojarnię obsługują 3 osoby.

Ocena racjonalności doboru schładzarek mleka

Dobór schładzarki jest przede wszystkim podyktowany wydajnością mleczną zwierząt oraz częstotliwością odbioru mleka. Najczęściej mamy do czynienia z odbiorem co drugi dzień, co oznacza konieczność zgromadzenia i schłodzenia objętości czterokrotnego doju stada.

Schładzarek o takiej samej pojemności, ale przeznaczonych do chłodzenia mleka z większej liczby dojów, np. czterech, nie można stosować do chłodzenia mleka z mniejszej liczby dojów, np. dwóch, gdyż wyposażone są w agregat chłodniczy o mniejszej wydajności, niezapewniający schłodzenia mleka w wymaganym czasie. Należy przewidzieć około 10% rezerwy, bazując na maksymalnym udoju w ciągu roku (jedno-lub dwudobowym) ale tylko gdy mamy pełną obsadę oraz wydajność jest ustabilizowana.

W przypadku niepełnej obsady oraz zamiaru podniesienia średniej wydajności mlecznej krów, planowanych nie później niż w ciągu roku można zastosować następujący wzór:

$$V_S = 1,1 \cdot \frac{n \cdot q}{365} \cdot D \cdot W_S$$

gdzie:

V_S – nominalna pojemność schładzarki, l,

n – liczba krów przy pełnej obsadzie, szt.

q – średnia roczna wydajność krowy w stadzie, l/szt.,

D – liczba dni przechowywania mleka, dni,

W_S – wskaźnik sezonowości udojów (dla stad powyżej 50 krów można przyjąć 1,2 a dla mniejszych stad 1,4).

Na rynku pojawiły się zbiorniki silosowe na mleko, których pojemność wynosi nawet do 35 000 litrów. Są one przeznaczone dla gospodarstw z intensywnym chowem wysokowydajnego bydła mlecznego.

Tabela 71 Dobór pojemności schładzarki mleka w zależności od mleczności i wielkości stada krów oraz liczby dni przechowywania mleka.

Średnia mleczność krów, l/rok	Liczba dni przechowywania mleka	Obsada krów mlecznych					
		20	40	60	80	100	120
		Pojemność schładzarki (l)					
8000	2	1350	2510	3470	4630	5790	6950
	1	680	1250	1740	2320	2900	3470
7000	2	1180	2200	3040	4050	5060	6080
	1	590	1100	1520	2030	2530	3040
6000	2	1020	1880	2600	3470	4340	5210
	1	510	940	1300	1740	2170	2600
5000	2	850	1570	2170	2900	3620	4340
	1	420	790	1090	1450	1810	2170

Tabela 72 Dobór pojemności schładzarki mleka w zależności od mleczności i wielkości stada krów oraz liczby dni przechowywania mleka c.d.

Średnia mleczność krów, l/rok	Liczba dni przechowywania mleka	Obsada krów mlecznych					
		140	160	180	200	220	240
		Pojemność schładzarki (l)					
9000	2	9 300	11 400	12 800	14 300	15 700	17 100
	1	4 600	5 700	6 400	7 200	8000	8 600
10000	2	10 300	12 800	14 400	15 900	17 500	18 950
	1	5 100	6 400	7 200	7 900	8 800	9 500
11000	2	11 200	13 900	15 700	17 500	19 100	20 900
	1	5 600	7000	7 900	8 700	9 600	10 500
12000	2	12 300	15 300	17 200	18 900	20 900	22 800
	1	6 100	7 600	8 600	9 600	10 500	11 400
13000	2	13 400	16 500	18 500	20 600	22 600	24 800
	1	6 600	8 300	9 500	10 500	11 500	12 500
14000	2	14 200	17 700	19 900	22 200	24 400	26 600
	1	7 100	8 900	10000	11 200	12 300	13 400

9.4. Urządzenia do pielęgnacji zwierząt

Czochradła

Korzystne jest zamocowanie w oborze wolnostanowiskowej nieruchomych lub obrotowych szczotek do pielęgnacji skóry. Można zainstalować dowolną ilość, mając na uwadze orientacyjną liczbę zwierząt od 40 do około 50 sztuk. Mogą być one umieszczone tylko w tych miejscach, w których nie będą przeszkadzać przemieszczającym się zwierzętom.

Najbardziej zaawansowane modele mają możliwość działania w promieniu 360°, są wyposażone w czujniki – kontrolery siły nacisku i intensywności ruchów. Czochradła elektryczne mają też funkcję automatycznego uruchamiania i wyłączania urządzenia w określonym czasie, co sprzyja oszczędności energii i obniża koszty eksploatacji.

Moc takich urządzeń wynosi zwykle od 0,180 kW do 0,25 kW a maksymalne zapotrzebowanie na energię wynosi do 400 W [Źródło: materiały producentów].

Dekornizatory

Do usuwania zawiązków rogów (dekornizacji) służą elektryczne urządzenia składające się z rękojeści i metalowej rury z umieszczoną wewnątrz grzałką elektryczną i miedzianą wkładką. Grzałka o mocy 150-200W jest zasilana z sieci elektrycznej. Indywidualny czas zabiegu dla pojedynczego cielęcia wynosi kilka sekund [WASZKIEWICZ 1996].

9.5. Urządzenia do usuwania odchodów

Podłoga w oborze, rusztowa lub w przypadku pełnej posadzki powinna być regularnie czyszczona. Zapobiega to przebywaniu krów w odchodach. Dzięki temu zostaje zmniejszona ilość odchodów w boksach legowiskowych oraz poprawiona higiena racic, ogona i wymion. To zaś zapobiega zakażeniom racic i wymion oraz wspiera zdrowy, naturalny chód i zachowanie krów. Wpływa to na poprawę dobrostanu zwierząt, a w efekcie na ograniczenie czynników chorobotwórczych i na konieczność stosowania antybiotyków w chowie bydła.

Częstsze usuwania odchodów z korytarzy gnojowych (3-4 razy dziennie) traktowane jest jako metoda redukcji amoniaku z budynków.

Dobór urządzeń do usuwania odchodów zależy od bardzo wielu czynników:

1- stopnia mechanizacji pozostałych zabiegów technologicznych: doju, zadawania pasz

W przypadku obór z robotami udojowymi najczęściej mamy do czynienia z gromadzeniem gnojowicy, rzadziej z obornikiem.

2- systemu utrzymania: ściółkowy, bezściółkowy, typu podłóg (pełna, rusztowa, np. częściowo rusztowa jak w przypadku niektórych poczekalni przedudojowych), rodzaju podłogi na obszarze paszowym;

3- wymiarów budynku i wzajemnego układu stanowisk/ boksów

Do usuwania obornika z podłóg płytkich stosuje się: spychacze ciągnikowe, szufle mechaniczne, przenośniki o ruchu ciągłym i przenośniki o ruchu postępowo-zwrotnym. Alternatywą dla zgarniaczy może być w oborach wolnostanowiskowych ciągnik ze spychaczem czołowym.

Tabela 73 Wskaźniki eksploatacyjne maszyn i urządzeń stosowanych do usuwania i składowania obornika.

Nazwa maszyny lub urządzenia	Wydajność efektywna t/h	Liczba obsługiwanych stanowisk szt.	Szer. robocza cm	Wysokość podnoszenia cm	Prędkość przesuwania m/s	Przeznaczenie urządzenia
Spychacz czołowy	15,0	>100	165	280		Usuwanie obornika z obór, wybiegów, dróg przepędowych
Przenośnik o ruchu okrężnym	4,0	20 – 60			0,2 – 0,6	Usuwanie obornika
Przenośnik o ruchu posuwisto-zwrotnym	5,6	120				Usuwanie obornika
Zgarniacz hydrauliczny	do 5		50			Usuwanie obornika z obór jedno i wielorzędowych
Urządzenie szuflowe	do 5	15	70 – 90		0,3 – 0,6	Usuwanie obornika
Zgarniacz uniwersalny	4,0		60		0,6	Usuwanie obornika i

						formowanie pryzm do wys. 4m
Ładowacz czołowy	do 65	>50		370		Formowanie pryzm i ładowanie obornika na środki transportu
Ładowacz chwytakowy	6 – 30			400		Formowanie pryzm i ładowanie obornika na środki transportu

Źródło: Praca zbiorowa 2005 d.

Automatyczne czyszczenie rusztów (podłóg szczelinowych).

Robot do czyszczenia podłóg rusztowych

Robot przystosowany do czyszczenia rusztowych ganków gnojowych. Podczas pracy przemieszcza się wzdłuż korytarzy i zgarnia odchody w szczeliny rusztu do kanałów gnojowych. Porusza się samodzielnie, wykorzystując wbudowane czujniki, a jego trasę można zaprogramować. Istnieje opcjonalnie możliwość wyposażenia robota w urządzenie spryskujące. Robot spryskuje podłogę wodą co ułatwia czyszczenie rusztów. Woda w robocie uzupełniana jest automatycznie w stacji dokującej.

Robot do usuwania odchodów w oborach z pełną posadzką

Zainstalowana w urządzeniu pompa próżniowa zasysa nieczystości, które robot następnie usuwa w wyznaczonym do tego miejscu. Robot wyposażony jest dodatkowo w spryskiwacze czyszczonej powierzchni zwiększający skuteczność jego pracy. Spryskiwanie w przedniej części umożliwia lepsze zasysanie zaschniętych odchodów, a w tylnej pozwala poprawić stan czystości posadzki. Robot umożliwia czyszczenie nie tylko korytarzy gnojowych, ale także posadzek w poczekalni, gdzie krowy gromadzą się przed dojem.

Sprzęt do przemieszczania ciekłego nawozu naturalnego

W porównaniu z chowem ściółkowym chów bezściółkowy charakteryzują mniejsze nakłady robocizny związane z obsługą zwierząt. W systemie bezściółkowym w części pomieszczenia podłogę stanowi ruszt wykonany ze stalowych prętów lub betonowych belek. W klatkowym systemie chowu zwierząt, stosowanym zwykle w chlewniach, cała podłoga ma postać rusztu. Odchody same przedostają się przez szczeliny rusztu lub są przedeptywane przez zwierzęta do kanału gnojowego, stąd usuwa się je do zbiorników.

Z budynków bezściółkowych gnojowica może być usuwana mechanicznie lub hydraulicznie.

Jeżeli zbiornik na gnojówkę i gnojowicę położony jest ponad poziomem gruntu, do przemieszczenia nawozu z budynku inwentarskiego lub zbiornika pośredniego do magazynowego należy posłużyć się sprzętem zmechanizowanym. Można tu zastosować kilka różnych technik transportu nawozu ciekłego.

W celu zminimalizowania odorów i strat amoniaku podczas przepompowywania nawozu do zbiornika magazynowego zaleca się umieszczenie otworu wlotowego w zbiorniku poniżej poziomu cieczy. W takim przypadku absolutnie niezbędny jest otwór wentylacyjny umieszczony

w najwyższym położonym odcinku rury. Brak takiego otworu grozi zassaniem gnojowicy z powrotem do pompy po jej wyłączeniu.

Pompy wirowe to najpowszechniej stosowany rodzaj pompy. Istnieje kilka typów takich pomp z napędem elektrycznym lub mocowanych na ciągniku. Najczęściej spotykana jest pompa pionowa z długim wałem, składająca się z zespołu pompującego zanurzonego w gnojowicy oraz silnika lub przekładni umieszczonej na rurze pompy powyżej poziomu gnojowicy. W celu usunięcia gnojowicy z kanału poprzecznego możemy wykorzystać tą samą pompę do usunięcia hydraulicznego. Obecnie coraz częściej są stosowane pompy zatapiane.

Pompy mogą mieć różną wydajność zależnie od dostępnej energii elektrycznej. Średnica rury może wynosić od 50 mm aż do 250 mm. Największe pompy napędzane ciągnikiem i wyposażone w rurę o średnicy 250 mm są w stanie przepompować do 1800 m³ na godzinę.

Tabela 74 Wydajność pomp mieszająco-przepompowujących do gnojowicy bez słomy i z dodatkiem słomy

Wydajność pompowania (m ³ /godz.)							
Moc silnika [kW]	2	3	5,5	7,5	11	15	25
Bez słomy	30	50	90	130	150	200	375
Z dodatkiem słomy	0	0	40	75	100	135	265

Tabela 75 Przykładowe charakterystyki mikserów do gnojowicy

Odległość między rusztem a dnem kanału [cm]	Średnica mieszadła [mm]	Moc [kW]
40	245	4,0
70	280	5,5
100	310	7,5

Źródło: http://www.geneu.pl/Miksery_podrusztowe.html

9.6. Kształtowanie mikroklimatu w budynkach inwentarskich

Ponieważ powietrze w budynkach inwentarskich zawiera znaczne ilości gazów dwutlenek węgla a także pary wodnej z powietrza wydychanego, związki azotu w tym amoniak z odchodów (nawozów naturalnych) które są dodatkowo źródłem odorów, różnego rodzaju drobnoustroje oraz pyły – należy dążyć do jak najszybszej wymiany powietrza na świeże, aby spełnić m. in. zapisy Ustawy o ochronie zwierząt [**Ustawa z dnia 21 sierpnia 1997 r. o ochronie zwierząt** (Dz.U. z 1997 r. Nr 111, poz. 724 z późn. zmianami)].

Zaprojektowanie właściwej wielkości wentylacji wymaga uwzględnienia wielu czynników, takich jak: gatunek i ilość zwierząt z poszczególnych kategorii wiekowych.

Dla drobiu zaleca się krotność wymiany powietrza w granicach **10-20 razy na godzinę**, w zależności od liczby zwierząt i warunków mikroklimatycznych. Dla trzody chlewnej może to być **6-12 razy na godzinę**, a dla bydła **4-8 razy na godzinę**.

Wskaźnik przepływu powietrza, inaczej wskaźnik przewietrzania, wentylacja, jest to wymiana pewnej ilości (objętości) powietrza wyrażona w m³ między pomieszczeniem a przestrzenią na

zewnątrz przebiegająca w określonym czasie. Stąd popularną jednostką jest $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ - jest to ilość (objętość) powietrza przemieszczająca się i opuszczająca dane pomieszczenie w określonym czasie [h].

Wielkość wentylacyjną określa się albo na podstawie kryterium dwutlenku węgla albo pary wodnej.

Obliczanie wentylacji na podstawie kryterium dwutlenku węgla:

$$L_{\text{CO}_2} = \frac{\sum \text{CO}_2}{C_w - C_z}$$

L_{CO_2} – wielkość wentylacyjna [m^3/h]

$\sum \text{CO}_2$ – ilość CO_2 w L lub dm^3 wydalanego w ciągu godziny przez wszystkie zwierzęta przebywające w pomieszczeniu (tab. 58)

C_w – aktualna dopuszczalna zawartość CO_2 w pomieszczeniu inwentarskim w l/m^3 lub w dm^3/m^3

C_z – zawartość CO_2 w powietrzu zewnętrznym, czyli średnio $0,3 \text{ l/m}^3$ ($3 \text{ dm}^3/\text{m}^3$) co stanowi 0,03 % objętości

Tabela 76 Emisja dwutlenku węgla przez zwierzęta inwentarskie.

Kategoria zwierząt	Masa	CO_2
Krowy w okresie laktacji wydajność 10 L	400	114
	600	135
Krowy o wydajności 30 L	400	165
	600	186
	800	214
Opasy	400	139
	600	169
Cielęta do 1 m-ca	30	15
	50	26
	80	38
Cielęta do 6 m-cy	120	55
	150	57
	200	75
Trzoda chlewna		
Knury	100	40
	200	52
	300	70
Maciory luźne i prośne	100	33
	150	38
	200	44
Maciory z prosiętami	100	79
	150	90
	200	104
Tuczniki	100	43
	200	57
Drób		

Kury nieśne	1,70	2,15
Kury mięsne	2,75	3,85
Pisklęta 1-10 dni	0,07	0,13
Pisklęta 10-30 dni	0,30	0,52
Kurczęta starsze	0,6-1,2	0,90-1,68

Obliczanie wielkości wentylacyjnej dla kryterium pary wodnej:

$$L_{H_2O} = \frac{\Sigma H_2O + N}{e_w - e_z}$$

gdzie:

L_{H_2O} – wielkość wentylacyjna

ΣH_2O – suma pary wodnej (g) wydalanej przez zwierzęta przebywające w pomieszczeniu (ewaporacja fizjologiczna)

N – narzut wilgotności (ewaporacja fizyczna) (oblicza się w g/h w stosunku do ewaporacji fizjologicznej (10-40%))

e_w – aktualna (dopuszczalna) wilgotność bezwzględna w pomieszczeniu (g/m^3)

e_z – wilgotność bezwzględna powietrza zewnętrznego

W przypadku wentylacji grawitacyjnej fizyczną wymianę powietrza (L) można obliczyć na podstawie ruchu powietrza w kanałach wyciągowych (g/m^3).

Tabela 77 Emisja pary wodnej przez bydło.

Rodzaj zwierząt	Wiek	Masa ciała kg	Wydzielanie pary wodnej $g \cdot h^{-1} \cdot szt.^{-1}$ przy temperaturze:		
			10° C	15° C	20° C
Cielęta	w dniu urodzenia	40	120	130	130
	3 - miesięczne	110	180	220	270
	6 - miesięczne	180	290	350	430
Jałowizna	1 - roczna	300	340	410	500
	2 - letnia	450	380	460	560
Krowy mleczne		500	400	490	600
Opasy	6 - miesięczne	225	300	370	450
	1 - roczne	400	400	490	600
	1,5 - roczne	500	500	580	700
Trzoda chlewna			400		
Drób			700		

Źródło: Instytut Zootechniki, 1977, Rokicki Kolbuszewski "Higiena zwierząt".2000

Tabela 78 Orientacyjna wartość wymiany powietrza dla zwierząt inwentarskich

	Wymiana powietrza m³/h/szt.	
	Zima	Lato
Bydło		
Krowy mleczne	90	350-400
Cielęta w profilaktorium	20	80
Cielęta do 6 m-cy	20	80-120
Jałówki, bukaty powyżej 6 m-cy	60	250
Trzoda chlewna		
Knurki i loszki hodowlane	20	90
Knury i lochy luźne i prośne	20	100
Lochy karmiące	50	150
Prosięta odsadzone do 8 tygodni	5	20
Warchlaki do 12 tygodni	8	30
Tuczniki	15	80

Mieszacze powietrza i wentylatory

Rolą mieszaczy powietrza jest wymuszenie ruchu powietrza, dając efekt schłodzenia zwłaszcza w okresie skrajnych temperatur latem. Wentylatory natomiast wytwarzają podciśnienie, dzięki czemu zużyte powietrze inwentarskie jest transportowane na zewnątrz budynku. Zaleca się instalowanie mieszaczy co 12-14 metrów, jednakże ilość rzędów i wentylatorów niezbędnych w budynku zależy od zagęszczenia, konstrukcji i wykorzystania pomieszczenia, jak również od lokalnych warunków klimatycznych.

Wentylatory mogą być zainstalowane w ścianach (*wentylatory ściennie*), oknach, stropach, kanałach (*wentylatory kanałowe*), kominach jako urządzenia nawiewne, wyciągowe lub nawiewno-wyciągowe [KOŁACZ 2019]. Ich wydajność jest zazwyczaj regulowana termostatycznie.

Żaluzje grawitacyjne

Montowane one są na ścianach zewnętrznych budynków inwentarskich, ich zadaniem jest wspomaganie wyrzutu powietrza z kanałów wentylacyjnych. Konstrukcja zapobiega cofaniu się zimnego powietrza w przypadku braku ruchu powietrza.

Tabela 79 Przykładowe wydajności i moce mieszaczy powietrza oraz wentylatorów

Mieszacze powietrza		
Lp.	Wydajność [m ³ ·h ⁻¹]	Moc kW
1	18 633	0,55
2	41 306	1,1
3	6 000 ^{*)}	0,38
4	8 000	0,38
5	31 500 Osiowy	0,75
6	6 300	0,24
7	13 300	0,53
Wentylatory szczytowe z dyfuzorem		
1	44 000	1,1
2	48 000	1,3

^{*)} zasięg strumienia powietrza do 40 m.

Źródło: oferty producentów.

Utrzymanie odpowiedniej temperatury w chlewniach

Ceramiczne promienniki podczerwieni

Urządzenia te służą do dogrzewania nowo narodzonych prosiąt dokładnie wyłącznie w miejscu przebywania prosiąt. Mają one możliwość regulacji wysokości zamieszczenia. Temperatura grzałek nie przekracza 160°C.

W zasadzie pomieszczenia dla bydła nie wymagają nakładów energii na ogrzewanie, natomiast w chlewniach jest to konieczność. Zastosowanie ogrzewania podłogowego w pomieszczeniach przeznaczonych na wypraszanie zamiast mat grzewczych, które wydzielają dużo zbędnego ciepła traconego przez ruszt i gnojownicę, obniża zużycie energii nawet o 75% (tabela 80).

Tabela 80 Zużycie energii na ogrzewanie w budynkach inwentarskich *)

Zużycie energii na ogrzewanie w różnych systemach utrzymania świń	
Rodzaj pomieszczenia	Zużycie energii (kWh/stanowisko na rok)
Porodówka, ogrzewanie podłogowe	354,00
Porodówka, maty grzewcze	1 404,00
Pomieszczenie dla warchlaków, 32>20°C (pomieszczenie puste/pomieszczenie pełne)	93,00
Pomieszczenie dla warchlaków, 30>20°C (pomieszczenie puste/pomieszczenie pełne)	87,00
Pomieszczenie dla warchlaków, 28>20°C (pomieszczenie puste/pomieszczenie pełne)	70,00
Pomieszczenie dla warchlaków, 26>20°C (pomieszczenie puste/pomieszczenie pełne)	46,00
Pomieszczenie dla tuczników	6,00

*) Wartości obliczone przy wykorzystaniu programu Stalavent, za: Praca zbiorowa 2005 c.

Systemy odzysku ciepła z chlewni

Z uwagi na długi sezon grzewczy w Polsce (trwający około 7 miesięcy) koszty ogrzewania chlewni są wysokie przy zastosowaniu tradycyjnych sposobów dostarczania energii cieplnej.

Ciepło z chlewni można odzyskać z powietrza lub z podłoża (głębokiej ściółki, posadzek ściółkowanych oraz kanałów gnojowych a także z pryzm obornikowych i zbiorników na gnojowicę). Najwięcej ciepła można uzyskać z egzotermicznych procesów we właściwie prowadzonym systemie chowu na głębokiej ściółce, gdzie temperatura może sięgać do 50°C.

Dodatkowym źródłem ciepła mogą być **kolektory słoneczne** zainstalowane na dachu budynku. 1m² kolektora ogrzewa 3-5 m² powierzchni budynku.

Gruntowy wymiennik ciepła

Energię cieplną można pozyskiwać z wymienników gruntowych, pozwalają one w zimie na pozyskiwanie ciepła z gruntu, w ilości do 50% ciepła wentylacyjnego, a przy zastosowaniu recyrkulacji dodatkowo 20%).

Pompa ciepła jest najwydajniejszym źródłem energii niekonwencjonalnej, współczynnik COP wynosi 1:4,8, tzn., że z 1 kW energii włożonej możemy uzyskać aż 4,8 kW.

Przykładowo, dla chlewni na 320 sztuk tuczników utrzymywanych na głębokiej ściółce można ogrzać w okresie jesienno-zimowym pomieszczenie socjalne o pow. 40 m² do temperatury 1821°C i uzyskać ciepłą wodę użytkową do mycia o temperaturze 57°C bez pogarszania warunków zootechnicznych w pomieszczeniach inwentarskich.

Można przyjąć, że z 1m² kojca z głęboką ściółką można uzyskać 1kW dziennie energii cieplnej. Na rynku są dostępne pompy ciepła o mocach od 6 do 35 kW.

10. Zakończenie

Inwestycje realizowane w ramach PS WPR 2023–2027 obejmują między innymi zakup środków mechanizacji produkcji rolniczej i urządzeń pomocniczych. Uzyskany w ramach poszczególnych poddziałań i operacji zwrot części kosztów tych zakupów ułatwi producentom rolnym dostęp do współczesnych osiągnięć z zakresu techniki rolniczej i umożliwi wprowadzanie nowoczesnych bardziej przyjaznych rolnikowi technologii.

Celem podejmowanych przedsięwzięć inwestycyjnych, w tym dotyczących modernizacji parku ciągnikowo-maszynowego jest zwiększenie konkurencyjności branży rolniczej, poprawa efektywności ekonomicznej poszczególnych gospodarstw, co przekłada się na wzrost konkurencyjności polskiego rolnictwa.

Powyższe cele będą mogły być zrealizowane pod warunkiem, że dobór maszyn do gospodarstw będzie dokonywany w sposób racjonalny, z uwzględnieniem zarówno wymagań procesu technologicznego, jak również kryterium kosztowo-eksploatacyjnego. W tym ostatnim przypadku należy mieć na uwadze przede wszystkim kryterium dostosowania wyposażenia gospodarstw w techniczne środki pracy do skali i potencjału produkcji. Często poprawa parku maszynowego wpływa na strategiczne decyzje o zwiększeniu areалу lub liczby zwierząt.

Wszystkie opisane zestawy maszyn można wykorzystać w rolnictwie klasycznym, jak również promowanym dziś rolnictwie bezorkowym.

Nie bez znaczenia w poprawie efektywności produkcji jest zastosowanie rozwiązań cyfrowych, które nie powinny stanowić nowości i braku dostępności dla gospodarstw. W perspektywie PROW 2014-2020 stanowiły nowość i budziły zaniepokojenie mniejszych gospodarstw, dziś stanowią uzupełnienie wsparcia pracy dla gospodarstwa, czy to w zakresie produkcji zwierzęcej (automatyka sterowania mikroklimatem), czy nawigacja GPS z aplikacjami do zarządzania cyfrową produkcją roślinną.

Opracowanie zawiera wytyczne i zasady racjonalnego doboru ciągników, maszyn, narzędzi oraz urządzeń do gospodarstw rolnych oraz uaktualnia kryteria i wskaźniki oceny tego doboru. Jest ono kierowane do rolników przygotowujących wnioski o dofinansowanie projektów inwestycyjnych realizowanych w ramach poszczególnych poddziałań i typów operacji obejmujących zakup sprzętu rolniczego, oraz do pracowników ARiMR weryfikujących te wnioski pod kątem dostosowania planowanych inwestycji maszynowych do profilu i skali produkcji. Opracowanie stanowić może materiał pomocniczy szczególnie przy ocenie wniosków budzących kontrowersje, co do zasadności planowanych zakupów środków mechanizacji w warunkach konkretnego gospodarstwa rolnego. W przypadku kontrowersji, co do przyznania dofinansowania, ważnym parametrem powinna być deklaracja rolnika o znajomości ekonomiki sektora rolnego i umiejętnego wykorzystania dedykowanych rozwiązań.

Zawarte w pracy wskaźniki i parametry doboru środków mechanizacji do gospodarstw rolnych oraz kryteria oceny tego doboru zostały uaktualnione do bieżących rozwiązań rynkowych i koniecznych działań w zakresie wsparcia pracy rolników w procesie produkcyjnym. Zgodnie z założeniem, wartości tych wskaźników i kryteriów należy traktować z dużym marginesem tolerancji, w przekonaniu autora i na podstawie wyników Aleksandra Muzalewskiego maksymalnie 20-35 %, w zależności od tolerancji wykazanych dla poszczególnych rodzajów maszyn. Tam, gdzie to było możliwe, wartości wskaźników zostały podane dla przypadków szczególnych, względnie wskazano na czynniki wpływające na racjonalność doboru i użytkowania maszyn.

Kompetentna i umiejętna ocena wniosków w zakresie racjonalności doboru sprzętu rolniczego do gospodarstw nie może ograniczać się do automatycznego stosowania zawartych w tej publikacji wskaźników. Powinna ona natomiast polegać na przyjęciu tych wskaźników jako wielkości orientacyjnych, stanowiących punkt wyjścia do właściwej oceny zasadności zakupu maszyn. W trakcie tej oceny zawsze trzeba dodatkowo zwrócić uwagę na uwarunkowania lokalne i szczególnie specyfikę poszczególnych gospodarstw.

Z opracowania skorzystać mogą nie tylko rolnicy starający się o dofinansowanie projektów modernizacyjnych w ramach działań inwestycyjnych PS WPR 2023-2027, ale także pozostali producenci rolni planujący inwestycje mechanizacyjne. Podane w opracowaniu praktyczne wytyczne i wskaźniki doboru stanowią uniwersalne narzędzie do racjonalnego, ekonomicznie uzasadnionego wyposażania gospodarstw rolnych w ciągniki, maszyny, narzędzia i urządzenia rolnicze.

11.Literatura

- BORUSIEWICZ A., ROMANIUK W., WINNICKI S., SKIBKO Z., ZARAJCZYK J. 2023. Practical aspects of the use of milking robots. *Journal of Water and Land Development*, (57). DOI: 10.24425/jwld.2023.145342, 57 (IV–VI): 116–129.
- DZ.U. 2005. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 maja 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych warunków i trybu udzielania pomocy finansowej na dostosowanie gospodarstw rolnych do standardów Unii Europejskiej objętej planem rozwoju obszarów wiejskich (Dz.U. 2005, Nr 93, p. 780).
- DZ.U. 2015. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 21 sierpnia 2015 r. w sprawie szczegółowych warunków i trybu przyznawania oraz wypłaty pomocy finansowej na operacje typu „Modernizacja gospodarstw rolnych” w ramach poddziałania „Wsparcie inwestycji w gospodarstwach rolnych” objętego Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020 (Dz.U. 2015, poz. 1371).
- FIEDOROWICZ G. 2008. Technika w chowie bydła, ss.290, ISBN 978-8-389806-18-5.
- GAWORSKI M. 2010. Kryteria doboru ciągnika. *Agrotechnika* Nr 10, s. 42-45.
- GOLHER D.M., PATEL B.H.M., BHOITE S. H., SYED M.I., PANCHBHAI G.J., THIRUMURUGAN P. 2021. Factors influencing water intake in dairy cows: a review, *International Journal of Biometeorology*, 65:617–625.
- GWARA M. 2014. Jakiego ciągnika oczekuje sadownik? *Technika Sadownicza i Warzywnicza* Nr 1, s. 26-35.
- GUS 2011. Środki produkcji w rolnictwie. *Powszechny Spis Rolny 2010*. Warszawa. Zakład Wydawnictw Statystycznych, ISBN: 978-83-7027-487-0 ss. 112.
- GUS 2012. Charakterystyka gospodarstw rolnych. *Powszechny Spis Rolny 2010*. GUS Warszawa. Zakład Wydawnictw Statystycznych, ISBN: 978-83-7027-505-1 ss. 468.
- GUS 2013. Rolnictwo na terenach specyficznych. *Powszechny Spis Rolny 2010* (red. Matyka M.). GUS Warszawa. Zakład Wydawnictw Statystycznych, ISBN: 978-83-7027- 541-9 ss. 153.
- GUS 2015. Środki produkcji w rolnictwie w roku gospodarczym 2013/2014. Zakład Wydawnictw Statystycznych GUS. ISSN 1507-1154 ss. 43.
- GUS 2024: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/rolnictwo-lesnictwo/rolnictwo/srodki-produkcji-w-rolnictwie-w-roku-gospodarczym-20222023,6,18.html>.
- IPCC 2014. Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. Geneva.
- KIEROŃCZYK M., MARCINKOWSKI T. 2015. Gospodarstwo rolne jako źródło emisji amoniaku. *Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury*, (62, nr 3/I) ss. 233-241.
- KLUKOWSKI J. 2007. Samobieżne ładowarki rolnicze. *Atr express*, (23).
- KOŁACZ R. 2019. Higiena i dobrostan zwierząt gospodarskich, WSiP.
- KOWALIK K GRZEŚ Z. 2006. Wpływ wykorzystania maszyn rolniczych na koszty mechanizacji w gospodarstwach rolniczych o różnej powierzchni. *Inżynieria Rolnicza* 13/2006.
- KTBL. 2012: https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Allgemeines/Jahresbericht/Jahresbericht_2012.pdf
- MUZALEWSKI A. 2007. Koszty eksploatacji maszyn: wskaźniki eksploatacyjno-ekonomiczne maszyn i ciągników rolniczych, jednostkowe koszty eksploatacji, arkusz do kalkulacji kosztów eksploatacji maszyn, dofinansowanie zakupu a koszty eksploatacji maszyny-PROW 2007-2013. IBMER.

- MUZALEWSKI A. 2010. Koszty eksploatacji maszyn Nr 25. ITP. Falenty-Warszawa. ISBN 978-83-62416-05-9 ss. 56.
- MUZALEWSKI A. 2014. Wskaźniki wyposażenia rolnictwa w ciągniki w układzie regionalnym. Poster. XIX Międzynarodowa Konferencja Naukowo Techniczna nt. „Rolnictwo w warunkach wyzwań klimatycznych i środowiskowych”. Kielce 6.03.2014 r.
- MUZALEWSKI A. 2015. Ekspertyza: Zasady doboru maszyn rolniczych.
- PRACA ZBIOROWA 2005. Poradnik. Magazynowanie nawozów naturalnych. Wyd. II, IBMER, Duńskie Służby Doradztwa Rolniczego. 81 s.
- PRACA ZBIOROWA 2005 a. Poradnik. Przygotowanie i zadawanie pasz, 2005, IBMER, Duńskie Służby Doradztwa Rolniczego
- PRACA ZBIOROWA 2005 b. Poradnik. Systemy utrzymania bydła, IBMER, Duńskie Służby Doradztwa Rolniczego
- PRACA ZBIOROWA 2005 c. Poradnik. Systemy utrzymania świń, IBMER, Duńskie Służby Doradztwa Rolniczego
- PRACA ZBIOROWA 2005 d. Poradnik. Magazynowanie nawozów naturalnych, IBMER, Duńskie Służby Doradztwa Rolniczego
- ROKICKI E., KOLBUSZEWSKI T. 1999. Higiena zwierząt, SGGW, materiały na ćwiczenia.
- ROMANIUK W., MAJCHRZAK M. 2013. Przygotowanie i zadawanie pasz treściwych i objętościowych oraz sposoby ich magazynowania w gospodarstwach rodzinnych i farmerskich, Seria Monografii: Inżynieria w Rolnictwie, nr 13, ITP, Falenty.
- SKUDLARSKI J. 2014. Ciągnik w rozmiarze XXL. Agromechanika. Technika w Gospodarstwie. S. 24-27.
- SZULC K. 2015. Opóźniony termin siewu pszenicy ozimej. Farmer Nr 9, s. 64-71.
- USTAWA z dnia 21 sierpnia 1997 r. o ochronie zwierząt [Dz.U. z 1997 r. Nr 111, poz. 724 z późn. Zmianami].
- WASZKIEWICZ Cz. 1996. Maszyny Rolnicze cz.2. WSiP, ISBN 83-02-06053-4.
- WINNICKI S., ROMANIUK W., MIELCAREK-BOCHEŃSKA P., BORUSIEWICZ A., BARWICKI J. 2019. Efficiency of milking cows using robot in a large herd. Agricultural Engineering, 23(4), 87-101.
- http://www.geneu.pl/Miksery_podrusztowe.html

ZAŁĄCZNIKI

Załącznik 1 - Wyposażenie rolnictwa w ciągniki

W niniejszym załączniku zamieszczono wskaźniki wyposażenia rolnictwa w ciągniki rolnicze, w 2010 i 2020 r., według grup obszarowych gospodarstw, opracowane na podstawie wyników Powszechnego Spisu Rolnego (PSR) z 2010 roku oraz 2020 roku.

Tabela 81. Wyposażenie rolnictwa w ciągniki rolnicze w 2010 i 2020 r. według grup obszarowych gospodarstw

Grupy obszarowe gospodarstw	Liczba ciągników 2010	Liczba ciągników 2020
ha UR	tys. szt	tys. szt
Ogółem	1364,6	1 448
do 1	53,3	10
1-2	91,4	93
2 -3	92,0	99
3-5	180,1	182
5-7	158,1	148
7-10	194,7	185
10- 15	216,1	218
15-20	123,1	132
20-30	113,6	143
30-50	68,5	116
50-100	31,3	72
>100	10,3	50

** w gospodarstwach posiadających ciągniki

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych PSR '2010, 2020 [GUS 2011, 2012, 2023]

Załącznik 2 - Zwięzłość gleby

Zwięzłość gleby jest tym czynnikiem, od którego zależy wydajność prac uprawowych, klasa uciągu (masa i moc) współpracującego z maszyną ciągnika, zużycie paliwa, a także tempo zużywania się elementów roboczych maszyn. Zapotrzebowanie na moc współpracującego z maszyną (narzędziem) ciągnika w poszczególnych rodzajach prac polowych, w zależności od typu gleby prezentuje tabela 82.

Podczas doboru ciągników do gospodarstwa, i oceny tego doboru, należy zwrócić uwagę, że podstawowy ciągnik w gospodarstwie powinien zapewnić możliwość pracy w najtrudniejszych warunkach glebowych z dostatecznie dużymi narzędziami uprawowymi, o wydajności dostosowanej do skali produkcji. W zależności od wymaganej wydajności prac uprawowych różnice w klasie uciągu i mocy podstawowego ciągnika pomiędzy gospodarstwami dysponującymi skrajnie różnymi glebami mogą być nawet dwukrotne.

Tabela 82 Zapotrzebowanie mocy ciągnika przy pracach uprawowych i siewie (w kW na 1 metr szerokości roboczej lub na 1 rząd)

Rodzaj pracy/maszyna/narzędzie	Prędkość robocza	Głębokość pracy	Rodzaj gleby		
			lekka	średnia	ciężka
	km/godz.	cm	kW/m		
Pług	5-9	20-30	18-30	27-55	50-110
Kultywator	5-7	15-25	10-23	18-42	32-73
Podorywka	7-9	10-15	12-25	20-38	40-75
Brona talerzowa	7-9	7-10	4-9	8-18	17-37
Brona łopatkowa	7-11	7-9	7-12	10-20	19-36
Brona zębowa	6-10	2,5-3,5	2-4	4-6	5-10
Glebogryzarka	5-7	7-11	14-21	19-33	32-50
Brona aktywna wirnikowa	5-7	7-11	10-17	15-27	26-44
Brona aktywna rotacyjna	4,5-7	7-11	8-15	12-25	23-43
Siewnik rzędowy	4-8	2-7	7-8	8-10	10-11
Siewnik rzędowy pneumatyczny	5-10	2-7	10-11	11-13	13-16
Siew bezpośredni	9-15	3-7	5-13	9-26	13-39
			kW/rząd		
Siewnik punktowy mechaniczny	5-10	2-5	0,75-1,2	1,2-1,7	1,7-2,2
Siewnik punktowy pneumatyczny	5-10	2-5	1,5-1,9	1,9-2,7	2,7-3,2

Źródło: [KTB, 2012]

Załącznik 3 - Nakłady pracy ciągników w technologiach produkcji roślinnej

Nakłady pracy ludzi, maszyn i ciągników w produkcji roślinnej są zróżnicowane w zależności od rodzaju uprawianej rośliny, a także od poziomu nakładów środków plonotwórczych (nawozy, środki chemicznej ochrony roślin), których pochodną jest plon roślin uprawnych. Typowe czasy pracy ciągników na realizację czynności maszynowych w poszczególnych technologiach produkcji roślinnej przedstawia tabela 83. Do upraw, które charakteryzują się stosunkowo niskim zaangażowaniem pracy ciągników zaliczają się zwłaszcza zboża i rośliny technologicznie podobne, a także produkcja siana łąkowego. Produkcja okopowych wymaga 2–3-krotnie większego nakładu pracy ciągników i maszyn.

Tabela 83 Normatywne nakłady czasu pracy ciągników w uprawie poszczególnych rodzajów roślin

Rodzaj uprawy	Plon	Nakłady pracy ciągników
	t/ha	godz./ha
Pszenica ozima	4-7	10-12
Żyto i pszenżyto	3-7	10-12
Zboża jare	3-6	9-11
Rzepak	2-4	13-15
Groch, peluszką, bobik	2-4	11-17
Ziemniaki (zbiór kopaczką)	20-35	45-60
Ziemniaki (zbiór kombajnem 1-rzęd.)	20-35	42-50
Buraki cukrowe (zbiór ogławiaczem i wyorywaczem)	30-45	55-70
Buraki cukrowe (zbiór kombajnem 10-rzęd.)	30-45	25-28
Buraki cukrowe (zbiór kombajnem 6-rzęd.)	30-45	15-20
Kukurydza na kiszonkę (zbiór sieczkarnią samobiezną)	40-70	15-28
Sianokiszonka z traw (zbiór zbieraczem pokosów)	20-50	23-45
Siano (zbiór zbieraczem pokosów)	5-8	13-25

Źródło: opracowanie Aleksander Muzalewski

Załącznik 4 - Tolerancja oceny doboru maszyn do gospodarstw rolnych

Możliwość uwzględnienia 20-35% marginesu tolerancji, w ocenie racjonalności doboru maszyn do gospodarstw, wynika z kilku podstawowych przyczyn:

- trudność w precyzyjnym oszacowaniu potencjalnego wykorzystania maszyny w gospodarstwie wyłącznie na podstawie danych zawartych we wniosku o przyznanie pomocy.
- zróżnicowanie warunków pracy maszyn w poszczególnych gospodarstwach.
- zróżnicowanie właściwości eksploatacyjnych podobnych typów maszyn i urządzeń rolniczych.

Potencjalne wykorzystanie maszyny w gospodarstwie

Sposób oszacowania potencjalnego wykorzystania maszyny w gospodarstwie omówiono w publikacji MUZALEWSKIEGO I IN. [2010].

Należy pamiętać o cyklicznej, corocznej zmienności zapotrzebowania gospodarstwa na pracę środków mechanizacji. Jest ono powodowane pewnym zróżnicowaniem struktury zasiewów w poszczególnych latach. To zróżnicowanie wynika głównie z zasady stosowania płodozmianu i związanej z nią rotacją upraw poszczególnych roślin pomiędzy polami o niejednakowej wielkości, względnie jest powodowane czynnikami opłacalności produkcji roślinnej. W rezultacie gospodarstwo zwykle dysponuje deficytem potencjału maszyn (ich liczby lub wydajności) w stosunku do potrzeb wynikających z przeciętnej struktury i powierzchni upraw.

Zróżnicowanie warunków pracy maszyn w poszczególnych gospodarstwach

Specyficzne potrzeby gospodarstw, ze względu na liczbę i wydajności maszyn oraz moce ciągników determinowane są indywidualnymi warunkami gospodarowania. Warunki wpływają na racjonalność doboru środków mechanizacji do poszczególnych gospodarstw, a dalej na ocenę tego doboru, w tym na wartość wskaźników tzw. minimalnego wykorzystania maszyny. Wykorzystanie minimalne maszyny W_R^N obliczamy wg wzoru:

$$W_R^N = \frac{kT_H W_{07}}{T}$$

gdzie:

T_H – potencjał eksploatacyjny maszyny wyrażany najczęściej liczbą godzin pracy, h,

W_{07} – wydajność eksploatacyjna, ha/h,

T – okres eksploatacji, lata,

k – współczynnik korekcyjny (przyjęty dla PROW 2023-2027 na poziomie 0,5-0,75 wartości normatywnych).

Przyjmuje się, że wyrażony w godzinach pracy potencjał pracy maszyny T_H ma wartość stałą. Wielkością zmienną jest natomiast wydajność maszyny, zależna nie tylko od jej parametrów technicznych (np. szerokość robocza, moc silnika), ale również od warunków pracy.

Z uwagi na postęp techniczny maszyn istotne jest by dobór maszyny był ściśle powiązany tzn. moc ciągnika była z zapasem do wykonania zabiegu pługiem, broną czy innym urządzeniem do zabiegów fitosanitarnych i nawozowych.

Warunki pracy maszyn rolniczych charakteryzowane są między innymi następującymi czynnikami:

- przyrodniczymi (rodzaj/zwięzłość gleby, jej wilgotność i zakamienienie, opady deszczu w okresie prac polowych, wilgotność roślin w czasie zbioru),

- topograficznymi (rzeźba/pofałdowanie terenu, kształt i wielkość pól, liczba i odległość działek),
- produkcyjnymi (plony produktów rolnych, dawki środków produkcji, głębokość prac uprawowych, stan i zachwaszczenie upraw)
- organizacyjnymi (np. dostępność środków transportowych do odbioru produktów rolnych od kombajnów).

Wszystkie powyższe czynniki mają wpływ na ilość pracy możliwą do wykonania w ciągu dnia roboczego, a razem z liczbą dni dyspozycyjnych w okresie agrotechnicznym - na zdolność maszyny do wykonania określonej pracy w tym okresie i braku strat z uwagi na opóźnienia w jej wykonaniu. Zróżnicowanie powyższych warunków pomiędzy poszczególnymi gospodarstwami wpływa więc na wydajność prac maszynowych, a pośrednio na zmienną wartość wskaźników minimalnego wykorzystania określonego typu maszyny.

Zróżnicowanie właściwości eksploatacyjnych podobnych typów maszyn rolniczych

Jednym z pierwszych kroków podczas weryfikacji wniosku i oceny racjonalności zakupu maszyny jest identyfikacja jej rodzaju i typu (modelu), umożliwiającą określenie parametrów technicznych (np. szerokość robocza, liczba elementów roboczych, pojemność zbiornika, moc silnika itp.) oraz eksploatacyjnych, w tym zwłaszcza wydajności maszyny. Należy jednak zauważyć, że maszyny o podobnej specyfikacji ww. podstawowych parametrów technicznych, mogą różnić się np. wydajnością pracy, z uwagi na specyficzne rozwiązania konstrukcyjne, wyposażenie opcjonalne, moc współpracującego ciągnika itp.

Ponadto, taki parametr jak moc silnika ciągnika lub kombajnu zbożowego, nie zawsze jest jednoznacznym wyróżnikiem właściwości eksploatacyjnych danego sprzętu. Ta niejednoznaczność wynika ze stosowania przez poszczególnych producentów niejednakowych norm pomiaru mocy silników, określania różnych kategorii mocy (maksymalna, znamionowa), a także z braku szczegółowych informacji o zastosowanej normie pomiaru lub kategorii mocy. W rezultacie różnice mocy użytecznej poszczególnych pojazdów rolniczych mogą wynosić nawet kilkanaście procent pomimo deklarowanej w ich specyfikacji technicznej identycznej mocy silników. Powyższe różnice ograniczają możliwość precyzyjnego określenia zarówno wydajności środków mechanizacji, jak i wskaźników ich racjonalnego doboru do gospodarstw rolnych.

Zasadę uwzględnienia 20% marginesu tolerancji należy stosować przy ocenie racjonalności doboru wszystkich rodzajów środków mechanizacji, w tym ciągników, kombajnów, maszyn i urządzeń rolniczych.

Załącznik 5 - Tolerancja oceny doboru kombajnów zbożowych

Oceniając dobór do gospodarstwa kombajnu zbożowego porównuje się jego minimalne wykorzystanie w roku W_R^N (ha/rok), będące pochodną mocy silnika i wydajności eksploatacyjnej W_{07} (ha/h), z potencjalną powierzchnią wykorzystania maszyny w gospodarstwie.

Szczegółowe zestawienie wydajności eksploatacyjnych dla kombajnów o różnej mocy, w zależności od rodzaju zbieranych roślin, ich plonu i wielkości pól zamieszczono w publikacji MUZALEWSKIEGO [2007].

Podane w tabeli 2 wydajności eksploatacyjne kombajnów zbożowych są wartościami średnimi dla stosunkowo dobrych plonów zbóż i roślin technologicznie podobnych (zboża 4- 4,5 t/ha, rzepak 3-3,5 t/ha, kukurydza na ziarno 6-7 t/ha), uwzględniając krajową strukturę zasiewów tych roślin. Przy zbiorze zbóż podstawowych wydajności eksploatacyjne są o około 1,5% wyższe, od podanych w tabeli 2, a rzepaku i kukurydzy na ziarno - o około 8,5% niższe, natomiast grochu i łubinu - o około 40% niższe.

Wydajności dla większych od powyżej podanych plonów roślin są mniejsze, z uwagi na ograniczoną przepustowość zespołu młócaço-separującego oraz konieczność częstszego opróżniania zbiornika maszyny na środki transportowe. Należy przyjąć, że przy wzroście plonów zbóż z 4-4,5 t/ha do 6 t/ha wydajność pracy kombajnu zmniejszy się o około 5-7%.

Wydajności uzyskiwane na polach 10-20 ha i większych są o około 5-10% wyższe niż na polach o powierzchni 4-5 ha. Na małych 1-2 ha polach wydajność zbioru zbóż jest o około 15-25% niższa od podanych w tabeli. W przypadku kombajnów o dużej szerokości roboczej spadki wydajności podczas pracy na małych polach mogą być znacznie większe.

Głównym parametrem determinującym wydajność efektywną kombajnu zbożowego jest jego przepustowość, zależna od rozwiązań konstrukcyjnych i parametrów techniczno-eksploatacyjnych zespołów: młócaço, separującego i czyszczącego. Przepustowość kombajnu wyrażana jest w kg/s. Określa ona zdolność kombajnu do wymłócenia określonej masy zboża (słomy i ziarna) w jednostce czasu przy dopuszczalnym (minimalnym) poziomie strat, uszkodzeń i zanieczyszczeń ziarna. Jednak producenci najczęściej nie podają wartości tego parametru w specyfikacji technicznej kombajnów.

W tej sytuacji o przepustowości i wydajności kombajnu wnioskujemy pośrednio, z pewnym przybliżeniem, głównie na podstawie mocy silnika, czasami na podstawie szerokości roboczej zespołu żniwnego.

Trzeba jednak zauważyć, że z początkiem 2008 roku wprowadzono w Polsce obowiązek stosowania silników w pojazdach rolniczych zgodnych z wymaganiami normy Stage IIb celem ograniczenia emisji szkodliwych składników spalin do atmosfery. Obecnie emisje z tych silników muszą być zgodne z normą Stage IV (Final Tier 4). Wymogi tych norm mogą być dotrzymane między innymi przez intensywne schładzanie powietrza doładowującego. Wiąże się to jednak z obniżeniem mocy użytecznej silnika, z uwagi np. na konieczność zastosowania wydajnego wentylatora chłodzącego.

Poza tym większość nowoczesnych kombajnów jest sprzedawana z napędem hydrostatycznym, który pobiera więcej mocy niż maszyny z napędem mechanicznym. Ponadto oferowane obecnie kombajny wyposażone są w standardzie w klimatyzację, która również ma określone

zapotrzebowanie na moc silnika.

Dodatkowym czynnikiem obniżającym moc przekazywaną na zespoły młócaço-separujące jest powszechne stosowanie opon radialnych. Zmniejszają one co prawda jednostkowe naciski na glebę, ale podnoszą o kilka procent opory przetaczania kombajnu po polu, a tym samym zwiększają także zapotrzebowanie na moc silnika.

W rezultacie, celem zapewnienia określonej wydajności zbioru, współczesny kombajn musi obecnie dysponować wyraźnie mocniejszym silnikiem niż jeszcze kilka lat temu.

Ogół powyższych czynników (zróżnicowanie warunków zbioru, wzrost mocy silników itp.) uzasadnia stosowanie tolerancji w ocenie racjonalności doboru kombajnu do gospodarstwa i do określonego areału zbóż. Wartości tych tolerancji zostały zamieszczone pod tabelą 2 i należy je stosować niezależnie od osiągniętych w gospodarstwie plonów zbóż.

Szerokość zespołu żniwnego (hedera)

Podane w tabeli szerokości zespołów żniwnych są wielkościami orientacyjnymi, przeciętnymi dla danej mocy kombajnu.

Należy zwrócić uwagę, że kombajn o określonej mocy silnika i przepustowości może być wyposażony w hedery o różnej szerokości. Szerokość zespołu żniwnego dobiera się głównie w zależności od wysokości osiągniętych plonów zbóż. Zasadniczym ograniczeniem jest w tym przypadku określona przepustowość (i moc) kombajnu oraz fakt, że jego prędkość robocza nie powinna przekraczać 6-8 km/h. Dlatego węższe z oferowanych do danego modelu kombajnu hedery stosowane są przez rolników uzyskujących wyższe od przeciętnych plony zbóż. A trzeba przy tym dodać, że nowe kombajny są kupowane nie przez rolników uzyskujących przeciętne, a więc stosunkowo niskie plony zbóż, a przez czołowych producentów rolnych gospodarujących na lepszych glebach i/lub stosujących zaawansowane, intensywne technologie uprawy zbóż o plonie rzędu 5-8 t/ha. Przy tak wysokich plonach zbiór zbóż wykonywany jest z mniejszą wydajnością powierzchniową, z uwagi na ograniczoną przepustowość kombajnu. W tym przypadku zapewnienie optymalnej przepustowości kombajnu, przy danej prędkości roboczej, jest możliwe przy mniejszej szerokości zespołu żniwnego.

Z powyższych względów mniejsza od typowej (jak w tabeli 2) szerokość zespołu żniwnego może być jedynym z argumentów uzasadniających zastosowanie obniżonych kryteriów w ocenie racjonalności doboru kombajnu do gospodarstwa. Trzeba jednak dodać, że w większości przypadków różnica pomiędzy minimalną powierzchnią wykorzystania, wyznaczoną według mocy silnika lub według szerokości roboczej zespołu żniwnego, powinna się zawierać w standardowym 20% marginesie tolerancji oceny.

Heder do zbioru kukurydzy na ziarno

Przy zbiorze kukurydzy na ziarno konieczna jest wymiana tradycyjnego zespołu żniwnego do zbioru zbóż na adapter (heder) rzędowy przystosowany do zbioru kolb kukurydzy. Jego zadaniem, oprócz oberwania kolb, jest także rozdrobnienie i rozrzucenie ściętych łodyg. Wiąże się to z dużym nakładem energii z uwagi na twardość i znaczną masę łodyg (kilkakrotnie większą niż przy zbiorze zbóż). W rezultacie do napędu takich adapterów potrzeba około 2,5–3-krotnie więcej mocy niż w przypadku tradycyjnych hederów do zbioru zbóż i zastosowania kombajnów o większej mocy silnika.

Warto przy tym podkreślić, że w 2007 r. kukurydza na ziarno uprawiana była na powierzchni 263 tys. ha, co stanowiło zaledwie 3,1% zasiewów ogółu zbóż, a w 2014 r. już na powierzchni 678,3 tys. ha, z 9,1% udziałem w strukturze zasiewów ogółu zbóż.

Powyższe dane i argumenty uzasadniają zastosowanie dodatkowej tolerancji oceny przy doborze kombajnów do gospodarstw rolnych w przypadku istotnego udziału kukurydzy na ziarno w strukturze upraw zbóż i roślin technologicznie podobnych.

Rozdrabniacz (szarpacz) słomy

Obecnie większość kombajnów jest standardowo wyposażona w rozdrabniacz słomy, a opcjonalnie w dodatkowy rozrzutnik słomy i plew. Zapotrzebowanie mocy na rozdrabnianie słomy wynosi 10-16 (20) kW w zależności od typu kombajnu i rozdrabniacza. Napęd tego urządzenia pochłania w dużych kombajnach 7-10%, a w mniejszych około 10-13% mocy generowanej przez silnik. Taką nadwyżką mocy powinien dysponować silnik kombajnu, aby utrzymać założoną wydajność zbioru. W przeciwnym przypadku efektywna wydajność zbioru zbóż zmniejsza się o 15-20%, a wydajność eksploatacyjna o 10-15%.

Biorąc pod uwagę powyższe argumenty należy obniżyć kryterium oceny doboru kombajnów zbożowych wyposażonych w rozdrabniacz słomy łącznie o 25%, zamiast standardowego 20% marginesu tolerancji oceny wykorzystania w roku.

Zbiór zbóż w terenie pofałdowanym

W terenie pofałdowanym, a zwłaszcza na zboczach o pochyleniu powyżej 10-15% jakość pracy kombajnów zbożowych ulega znacznemu pogorszeniu. Wzrastają straty i zanieczyszczenia ziarna wynikające z nierównomiernego obciążenia zespołów wydzielających i czyszczących, powodowane przesuwaniem się masy słomy i ziarna w kierunku pochylenia kombajnu. Obniża się również stabilność oraz przepustowość i wydajność kombajnów, zwiększa natomiast zapotrzebowanie na moc.

Kombajn zbożowy osiąga niższe wydajności pracy w terenie pochyłym z uwagi na:

- ograniczoną mocą silnika prędkość jazdy podczas ruchu pod górę,
- konieczność cięcia zboża niepełną szerokością hedera, względnie zbiór z mniejszą prędkością, aby minimalizować straty ziarna na wytrząsaczach oraz sitach czyszczących,
- konieczność częstszego zatrzymywania maszyny i rozładunku nie do końca wypełnionego ziarnem zbiornika, aby zmniejszyć obciążenie silnika i mechanizmów napędowych.

Dodatkowo w warunkach rolnictwa podgórskiego i górskiego zmniejszenie wydajności eksploatacyjnej kombajnów zbożowych powodowane jest ponadto:

- stratami czasu, z uwagi na wolniejsze i ostrożniejsze wykonywanie nawrotów na krańcach pola w celu zachowania stabilności kombajnu,
- małą powierzchnią pól, a w związku z tym większą liczbą nawrotów oraz trudniejszymi warunkami dojazdu do pól.

Tereny podgórskie charakteryzują się również większą częstotliwością i poziomem opadów deszczu, co zmniejsza liczbę dni dyspozycyjnych w okresie żniw. W tych trudnych warunkach potrzebne są maszyny o wyższej od typowej mocy i wydajności, w celu zapewnienia zbioru zbóż w stosunkowo krótkim okresie agrotechnicznym.

Ogół powyższych czynników przemawia za tym, aby dla kombajnów użytkowanych w terenach

pofałdowanych i podgórskich stosować specjalne kryteria oceny ich doboru. Proponujemy, aby w tym przypadku stosować 30-35% tolerancję oceny wykorzystania kombajnów, w zależności od lokalnych warunków pracy (np. stopień nachylenia zboczy, rozdrobnienie pól, warunki i odległość dojazdu).

Załącznik 6 - **Rozwiązania cyfrowe dla rolnictwa**

Autorzy:
mgr inż. Anna Rygało-Galewska
dr inż. Kinga Borek
dr inż. Anita Konieczna
dr inż. Andrzej Seliga

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa – Falenty 2025

Wprowadzenie

Rolnictwo 4.0 to termin odnoszący się do nowej ery w rolnictwie, w której cyfryzacja, automatyzacja oraz zaawansowana analityka danych stają się podstawą nowoczesnego zarządzania produkcją rolną. Wprowadzenie rozwiązań cyfrowych na początku XXI wieku stanowiło przełomowy moment w rozwoju sektora, który zbliżył się do modelu inteligentnej produkcji.

Zaawansowane systemy cyfrowe, będące fundamentem Rolnictwa 4.0, pozwalają na zbieranie, integrację oraz analizę danych z różnych źródeł w czasie rzeczywistym. Technologie takie jak Internet Rzeczy (IoT), sztuczna inteligencja (AI) czy big data wspierają rolników w podejmowaniu bardziej precyzyjnych i opartych na faktach decyzji. Integrowanie danych z różnych źródeł – takich jak czujniki, stacje meteorologiczne, systemy monitoringu gleby, analizy map glebowych czy systemy nawadniania – w jedną platformę, to kluczowy element Rolnictwa 4.0, który umożliwia podejmowanie bardziej świadomych i trafnych decyzji agronomicznych, a także korzystnych dla środowiska.

Automatyczne sterowanie maszynami rolniczymi na podstawie zbieranych danych pozwala na precyzyjne wykonywanie zabiegów agrotechnicznych, takich jak siew, nawożenie czy opryski środkami ochrony roślin, co skutkuje zmniejszeniem kosztów, zwiększeniem efektywności, a także poprawą jakości plonów. Zastosowanie sztucznej inteligencji w analizie danych umożliwia przewidywanie wyników produkcji oraz wczesne wykrywanie zagrożeń, co pozwala na szybkie i skuteczne reagowanie na zmiany w środowisku.

Z kolei w zakresie produkcji zwierzęcej, Rolnictwo 4.0 umożliwia monitorowanie zdrowia zwierząt w czasie rzeczywistym, dzięki zastosowaniu technologii takich jak czujniki noszone przez zwierzęta, systemy monitorujące ich ruchy oraz aplikacje analizujące dane o wydajności mleczarskiej, przyroście masy ciała czy jakości paszy. Integracja tych danych z systemami zarządzania gospodarstwem pozwala na optymalizację produkcji zwierzęcej, zmniejszenie strat oraz poprawę dobrostanu zwierząt.

Warto jednak zauważyć, że choć rozwiązania cyfrowe są już szeroko stosowane w dużych, intensywnie rozwijających się gospodarstwach, ich wdrożenie w mniejszych jednostkach wciąż stanowi wyzwanie. Barierą są często koszty początkowe oraz brak odpowiedniego wsparcia w zakresie szkoleń i edukacji. W tym kontekście kluczową rolę odgrywają programy finansowania oraz inicjatywy edukacyjne, które umożliwiają rolnikom z mniejszych gospodarstw dostęp do nowoczesnych narzędzi i szkoleń, co pozwala na ich stopniowe wprowadzenie w życie. Dofinansowanie szkoleń z zakresu obsługi nowoczesnych systemów cyfrowych oraz upowszechnienie wiedzy o korzyściach płynących z ich stosowania może przyczynić się do

szerszego wdrożenia Rolnictwa 4.0 w mniejszych gospodarstwach, co pozwoli na osiągnięcie wyższej efektywności i konkurencyjności na rynku rolnym.

Przyszłość rolnictwa zależy od umiejętności integracji nowoczesnych rozwiązań cyfrowych z tradycyjnymi metodami produkcji, co pozwoli na zwiększenie wydajności, efektywności energetycznej, ekonomicznej poprawę jakości plonów oraz efektywności oraz zrównoważony rozwój rolnictwa w erze cyfryzacji.

1. Programy komputerowe do bilansowania dawek pokarmowych i żywienia zwierząt gospodarskich

1.1. Opis dostępnych rozwiązań i ich zastosowania

1.1.1. Programy do bilansowania dawek pokarmowych

- **Tworzenie i optymalizacja dawek pokarmowych** - programy do bilansowania dawek pokarmowych pomagają w precyzyjnym dobraniu dawek paszowych do indywidualnych potrzeb zwierząt. Dzięki zaawansowanej analizie czynników takich jak tempo wzrostu, nieśność, wymagania laktacyjne, czy poziom aktywności fizycznej zwierząt, programy te oferują optymalizację receptur paszowych, które minimalizują straty pokarmowe. Celem jest nie tylko poprawa efektywności produkcji, ale także zdrowia i dobrostanu zwierząt, zapewniając im odpowiednią ilość energii, białka i niezbędnych mikroelementów, co wpływa na ich wydajność i zdrowie.
- **Dostosowanie składników odżywczych** - programy te umożliwiają precyzyjne dopasowanie diety, zarówno pod kątem makroskładników (białko, węglowodany, tłuszcze), jak i mikroskładników (np., wapń, fosfor, witamina D, selen, magnez). Dzięki algorytmom, które uwzględniają normy żywieniowe oparte na normach krajowych i międzynarodowych (np. NRC, INRA), programy potrafią zoptymalizować zawartość składników w paszach w sposób maksymalizujący efektywność ich wykorzystania przez zwierzęta
- **Integracja z systemami zarządzania gospodarstwem** - zaawansowane systemy bilansowania dawek pokarmowych są kompatybilne z systemami zarządzania gospodarstwem, umożliwiając synchronizację danych z różnych urządzeń i sensorów w gospodarstwie. Monitorowanie stanu zdrowia zwierząt, ich wydajności, masy ciała, poziomu laktacji czy nawet danych dotyczących warunków środowiskowych (np. temperatura, wilgotność powietrza) pozwala na optymalizację dawki pokarmowej w czasie rzeczywistym. Automatyczne dopasowanie dawki paszy do aktualnych warunków i potrzeb zwierząt przyczynia się do maksymalizacji wydajności i minimalizowania kosztów, jednocześnie poprawiając komfort i dobrostan zwierząt.

1.1.2. Analiza wartości odżywczej surowców paszowych

- **Uwzględnianie zmienności jakości pasz** - programy do analizy jakości pasz uwzględniają zmienność chemiczną surowców paszowych, co jest szczególnie ważne, gdyż skład surowców paszowych może się zmieniać w zależności od sezonu, pochodzenia czy sposobu

przechowywania. Automatyczne aktualizowanie danych o składzie pasz, na przykład na podstawie wyników regularnych analiz laboratoryjnych, pozwala na precyzyjne dostosowanie receptur paszowych w czasie rzeczywistym.

- **Integracja z bazami danych** - współpraca z bazami danych takimi jak Feedipedia, NRC (National Research Council) czy INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) daje dostęp do globalnych standardów i danych na temat składu surowców paszowych. Ponadto możliwość wprowadzania wyników własnych analiz paszowych pozwala na pełną personalizację diety w zależności od specyficznych warunków produkcji w danym gospodarstwie.

1.1.3. Zarządzanie zapasami paszowymi

- **Prognozowanie zapotrzebowania i zarządzanie zapasami** - dzięki wykorzystaniu zaawansowanych algorytmów prognostycznych, programy te mogą przewidywać przyszłe zapotrzebowanie na pasze, bazując na danych historycznych oraz analizie aktualnych potrzeb zwierząt. Prognozowanie zapotrzebowania w sposób precyzyjny pozwala na zminimalizowanie nadmiernych zakupów i unikanie niedoborów pasz, co prowadzi do lepszego zarządzania zapasami oraz zmniejszenia ryzyka marnotrawstwa.
- **Generowanie raportów i analiz** - programy generują szczegółowe raporty, które pomagają ocenić koszty i efektywność różnych strategii żywieniowych. Dzięki analizom kosztów i korzyści wynikających z różnych scenariuszy żywieniowych, rolnicy mogą podejmować bardziej świadome decyzje dotyczące strategii żywieniowych, wybierając te, które oferują najlepszy stosunek jakości do kosztów.

1.1.4. Dostosowanie do systemów żywienia zwierząt

- **Kompatybilność z różnymi technologiami** - programy są zaprojektowane w taki sposób, by mogły współpracować z szeroką gamą technologii stosowanych w nowoczesnym rolnictwie, takich jak systemy automatycznego dozowania paszy (TMR, PMR). Systemy te oferują precyzyjne dozowanie paszy, uwzględniając indywidualne potrzeby zwierząt w czasie rzeczywistym.

1.1.5. Analiza wpływu żywienia na wydajność produkcyjną

- **Monitorowanie wyników produkcji** - programy te umożliwiają analizę wyników produkcyjnych w kontekście wydajności żywieniowej. Na przykład, analiza korelacji między dawkami paszy a produkcją mleka pozwala na wykrywanie potencjalnych problemów żywieniowych i wczesna ich korektę.

1.2. Korzyści możliwe do osiągnięcia w wyniku wprowadzenia rozwiązań

1.2.1. Ekonomiczne

- **Optymalizacja kosztów produkcji** - precyzyjne bilansowanie składników pokarmowych pozwala na zmniejszenie kosztów związanych z marnowaniem pasz. Zmniejszenie zużycia surowców oraz lepsze dopasowanie dawki paszowej prowadzi do oszczędności, zarówno w zakresie zakupu, jak i transportu pasz.
- **Zwiększenie wydajności produkcji** - dzięki zoptymalizowanej diecie, zwierzęta uzyskują lepsze wyniki produkcyjne, np. wyższa produkcja mleka, lepszy przyrost masy ciała czy wyższa jakość mięsa. Programy cyfrowe umożliwiają szybkie reagowanie na zmieniające się potrzeby zwierząt, co przekłada się na lepsze wyniki.
- **Efektywne zarządzanie zapasami** - prognozowanie zapotrzebowania na pasze oraz monitorowanie zapasów w czasie rzeczywistym pozwala na lepszą organizację zakupów i przechowywania pasz. Automatyczne prognozy zapotrzebowania pomagają zaplanować zakupy, co pozwala uniknąć nadmiaru lub niedoboru pasz.

1.2.2. Środowiskowe i klimatyczne

- **Zmniejszenie negatywnego wpływu na środowisko** - precyzyjne żywienie pozwala na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych oraz zanieczyszczenie wód gruntowych. Mniejsze straty składników pokarmowych przekładają się na mniejszą ilość nawozów i odpadów organicznych, które mogą przedostawać się do środowiska w związku z ich obrotem.
- **Ograniczenie zużycia zasobów naturalnych** - optymalne żywienie zmniejsza zapotrzebowanie na zasoby naturalne, takie jak ziemia, woda czy energia, co wpływa na zrównoważony rozwój gospodarstw rolnych.

2. Programy do tworzenia map aplikacyjnych nawożenia i oprysku

Dzięki tym technologiom możliwe jest uzyskanie bardziej precyzyjnych danych o stanie upraw, gleby i roślin, a także o potrzebach nawożenia, co umożliwia bardziej świadome i zrównoważone podejście do produkcji rolnej. Współczesne technologie działają **bezprzewodowo** i **autonomicznie**, co znacznie zwiększa ich wygodę użytkowania i skuteczność.

2.1. Opis dostępnych rozwiązań i ich zastosowania

2.1.1. Programy do tworzenia map aplikacyjnych

Programy te umożliwiają tworzenie szczegółowych map aplikacyjnych, które precyzyjnie określają, jakie ilości nawozów i środków ochrony roślin należy zastosować w różnych częściach pola. Używanie tych narzędzi pozwala na:

- **Wykorzystanie zdjęć satelitarnych i danych z dronów** - analiza wskaźników wegetacyjnych (np. **NDVI** - *Normalized Difference Vegetation Index*, czyli znormalizowany różnicowy wskaźnik wegetacji) pozwala na ocenę stanu zdrowia roślin, identyfikowanie obszarów wymagających interwencji oraz monitorowanie efektywności przeprowadzonych zabiegów agrotechnicznych.
- **Wykorzystanie czujników polowych do analizy składu chemicznego gleby** - dzięki integracji z czujnikami, które monitorują zmiany w składzie chemicznym gleby, programy umożliwiają precyzyjne dopasowanie nawożenia, uwzględniając zmienność składu gleby na różnych częściach pola. Daje to możliwość minimalizacji nadmiaru nawozów, które mogą zaszkodzić środowisku.
- **Tworzenie map zmiennego dawkowania** - umożliwiają one optymalizację nawożenia i oprysków, uwzględniając różnorodność gleby, stan zdrowia roślin oraz ich potrzeby nawożenia. Dzięki temu rolnicy mogą dostarczyć dokładnie tyle nawozów, ile jest potrzebne w danym miejscu pola, co zmniejsza nadmiar aplikacji i minimalizuje straty.
- **Bezprzewodowa i autonomiczna integracja** - programy umożliwiają bezprzewodową wymianę danych z maszynami rolniczymi (np. rozsiewaczami nawozów, opryskiwaczami), które działają autonomicznie na podstawie map aplikacyjnych. Systemy maszyn rolniczych komunikują się bezprzewodowo z systemami wspomagania decyzji, co pozwala na szybsze i bardziej precyzyjne dostosowanie działań rolniczych w trakcie pracy na polu, zwiększając efektywność operacyjną.

- **Autonomiczne dostosowywanie dawek** - maszyny mogą dostosowywać dawkowanie nawozów, środków ochrony roślin lub wody w różnych częściach pola w zależności od danych otrzymanych z systemów monitorujących stan upraw i gleby. Dzięki temu zabiegi wykonywane są w pełni precyzyjnie, zminimalizowana zostaje ilość chemikaliów i nawozów, co poprawia efektywność i zmniejsza wpływ na środowisko oraz koszty.

2.2. Korzyści możliwe do osiągnięcia w wyniku wprowadzenia rozwiązań

2.2.1. Ekonomiczne

- **Redukcja kosztów operacyjnych** - precyzyjne stosowanie nawozów i środków ochrony roślin pozwala na znaczne oszczędności, eliminując nadmierne lub niewłaściwe wykorzystanie zasobów. Taka precyzja przekłada się na obniżenie kosztów produkcji, a tym samym zwiększenie rentowności gospodarstwa.
- **Zwiększenie wydajności plonów** - Optymalizacja nawożenia i ochrony roślin przyczynia się do poprawy plonów oraz jakości produktów, co ma bezpośredni wpływ na większe zyski i lepszą pozycję na rynku.
- **Lepsze zarządzanie danymi i dokumentacja** - Cyfrowe rozwiązania umożliwiają dokładne śledzenie działań rolniczych, co pozwala na lepsze planowanie, analizowanie efektywności działań oraz podejmowanie świadomych decyzji na każdym etapie produkcji.

2.2.2. Środowiskowe i klimatyczne

- **Ograniczenie nadmiernej aplikacji nawozów i środków ochrony roślin** - Dzięki precyzyjnemu dawkowaniu zmniejsza się ryzyko ich nadmiernego użycia, co korzystnie wpływa na zdrowie gleby, jakość wód gruntowych oraz kondycję całego ekosystemu.
- **Zrównoważony rozwój rolnictwa** - Dzięki zastosowaniu rozwiązań cyfrowych, możliwe jest bardziej odpowiedzialne i efektywne zarządzanie zasobami naturalnymi, co wspiera zrównoważony rozwój rolnictwa, minimalizując jego negatywny wpływ na środowisko i zmiany klimatyczne.

3. Komputery pokładowe i oprzyrządowanie do sterowania precyzyjną dawką nawozów, nasion, środków ochrony roślin (do rozsiewaczy nawozów, rozrzutników obornika, wozów asenizacyjnych, siewników, opryskiwaczy)

Komputery pokładowe oraz **oprzyrządowanie maszyn rolniczych**, takie jak rozsiewacze nawozów, siewniki, opryskiwacze czy wozy asenizacyjne wspierają rolników w precyzyjnym dawkowaniu nawozów, środków ochrony roślin oraz w monitorowaniu stanu gleby i roślin. Są one wyposażone w technologie takie jak **mapy zasobności**, **mapy zagrożeń**, **czujniki NDVI** oraz **moduły rozpoznania obrazu**, które umożliwiają dokładne i efektywne podejmowanie decyzji.

3.1. Opis dostępnych rozwiązań i ich zastosowania

3.1.1. Precyzyjne dawkowanie niezależne od prędkości jazdy

W nowoczesnych systemach sterowania stosowane są zaawansowane algorytmy, które umożliwiają **precyzyjne dawkowanie nawozów, pestycydów i nasion** niezależnie od prędkości maszyny. Tego rodzaju rozwiązanie pozwala na równomierne pokrycie pola, co przyczynia się do eliminacji błędów wynikających z **niedostatecznej** lub **nadmiernej aplikacji**. **Integracja z mapami zasobności** oraz mapami zagrożeń pozwala na dokładne dostosowanie dawek do specyficznych warunków gleby, co minimalizuje ryzyko stosowania nadmiaru nawozów lub pestycydów w miejscach, gdzie nie są one potrzebne.

3.1.2. Sekcyjne sterowanie aplikacją

Systemy te umożliwiają precyzyjne sterowanie poszczególnymi sekcjami maszyny, co pozwala na **dostosowanie dawkowania** do specyficznych warunków poszczególnych stref na polu. Dzięki technologii **czujników NDVI** (*Normalized Difference Vegetation Index*), które mierzą **odbicie światła** od roślin, maszyny mogą dostosowywać aplikację do **stanu wegetacyjnego roślin** i wykrywać obszary wymagające dodatkowego nawożenia lub ochrony. W praktyce oznacza to, że na obszarach roślin porażonych lub z **niedoborami składników odżywczych**, dawki nawozów i pestycydów będą zwiększone, a na zdrowych roślinach pozostaną na optymalnym poziomie. To

pozwała również na **wczesne wykrywanie chorób roślin** i szybkie reagowanie, co przyczynia się do **zmniejszenia strat plonów** oraz **zwiększenia efektywności ochrony roślin**.

3.1.3. Integracja z systemami GPS oraz mapy aplikacyjne

Nowoczesne systemy GPS umożliwiają **precyzyjne wyznaczanie tras przejazdów** maszyn, co pozwala na efektywne planowanie zabiegów na polach i minimalizowanie błędów związanych z nieprawidłowym doбором trasy przejazdu. Dodatkowo, integracja systemu GPS z mapami zasobności umożliwia generowanie **szczegółowych map aplikacyjnych**, które wskazują, w których miejscach pola należy zwiększyć lub zmniejszyć dawki nawozów lub pestycydów, co znacząco zmniejsza **straty materiałów i redukuje ryzyko zanieczyszczenia środowiska**.

3.1.4. Monitorowanie parametrów pracy maszyn

Systemy diagnostyczne w maszynach rolniczych monitorują w czasie rzeczywistym parametry pracy, takie jak **ciśnienie, przepływ substancji, poziom napelnienia zbiorników czy temperatura**, minimalizując występowanie błędów i uszkodzeń maszyn oraz optymalizując ich wykorzystanie.

3.1.5. Zdalne sterowanie i diagnostyka

Dzięki zintegrowanym systemom zdalnego monitorowania, operatorzy mają możliwość **zdalnego kontrolowania pracy maszyn rolniczych**, w tym aplikacji nawozów, pestycydów oraz innych środków ochrony roślin. W przypadku wystąpienia nieprawidłowości, zdalna diagnostyka umożliwia szybsze wykrycie problemu, a także **podjęcie działań naprawczych**. Poprzez zdalne monitorowanie, rolnicy mogą także **kontrolować efektywność aplikacji** w czasie rzeczywistym oraz wprowadzać korekty, co zwiększa **precyzję i wydajność** prowadzonych zabiegów.

3.1.6. Precyzyjne siewy i aplikacja nasion

Nowoczesne siewniki wyposażone w technologie precyzyjnego dawkowania nasion umożliwiają **siewy na odpowiedniej głębokości** oraz w odpowiednich odstępach. **Czujniki rozpoznania obrazu** mogą również identyfikować **wzrost roślin** i wprowadzać odpowiednie zmiany w procesie siewu, co przekłada się na **lepszą jakość plonów i większą rentowność**.

3.2. Korzyści możliwe do osiągnięcia w wyniku wprowadzenia rozwiązań

3.2.1. Ekonomiczne

- **Zwiększenie efektywności produkcji** - precyzyjne dozowanie nawozów i środków ochrony roślin prowadzi do **wyższych plonów** i lepszej jakości upraw.
- **Redukcja kosztów** - optymalizacja procesów aplikacyjnych oraz zmniejszenie zużycia nawozów i pestycydów znacząco redukuje koszty operacyjne gospodarstwa. Precyzyjna aplikacja ogranicza także konieczność przeprowadzania zabiegów ochronnych w obszarach, które ich nie wymagają, co prowadzi do **oszczędności finansowych** i zmniejszenia kosztów związanych z niepotrzebnym zużyciem zasobów.
- **Poprawa jakości pracy maszyn i urządzeń** - dzięki zdalnemu monitorowaniu parametrów pracy maszyn i systemom diagnostycznym, rolnicy mogą **wcześnie wykrywać awarie**, co zapobiega kosztownym przestojom i naprawom. Ponadto, lepsza kontrola nad stanem technicznym maszyn pozwala na wydłużenie okresu użytkowania urządzeń rolniczych.
- **Lepsze planowanie zasobów** - **precyzyjne planowanie tras przejazdów** wpływa na zmniejszenie zużycia paliwa oraz ograniczenie nadmiernego ugniatania gleby, szczególnie na obszarach o wrażliwej strukturze.

3.2.2. Środowiskowe i klimatyczne

- Dzięki **precyzyjnemu stosowaniu nawozów i środków ochrony roślin**, ogranicza się **ryzyko zanieczyszczenia wód gruntowych** oraz **zmniejsza ryzyko erozji gleby**. **Redukcja nadmiernej aplikacji chemikaliów** pozwala na **ochronę bioróżnorodności** w obrębie gospodarstwa oraz na jego obrzeżach.
- **Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych** - optymalizacja procesów nawożenia oraz ścisła kontrola nad aplikacjami środków ochrony roślin pozwala na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych związanych z nadmiernym stosowaniem sztucznych nawozów, które powoduje zwiększone emisje **podtlenku azotu (N₂O)**, gazu cieplarnianego o wysokim potencjale cieplarnianym – 265 (IPCC 2014)¹.

¹ **IPCC 2014.** Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. Geneva.

4. Systemy mapowania plonu

4.1. Opis dostępnych rozwiązań i ich zastosowania

4.1.1. Precyzyjne dawkowanie niezależne od prędkości jazdy

Systemy mapowania plonów to zaawansowane technologie wykorzystywane w rolnictwie precyzyjnym, których głównym celem jest zbieranie, przetwarzanie i analiza danych dotyczących wydajności plonów w różnych częściach pola. Ich wdrożenie umożliwia rolnikom bardziej precyzyjne zarządzanie zasobami oraz zoptymalizowanie wykorzystania maszyn rolniczych.

- **Czujniki plonu** - czujniki montowane na kombajnach, które rejestrują ilość zebranego materiału w czasie rzeczywistym, umożliwiają tworzenie map plonów uwzględniających przestrzenny rozkład plonów na polu. Dzięki tym informacjom możliwe jest zidentyfikowanie obszarów o wyższej lub niższej wydajności, co pozwala na precyzyjne dostosowanie działań rolniczych, takich jak nawożenie, melioracja czy zmiana struktury upraw.
- **Czujniki wilgotności** - czujniki te rejestrują poziom wilgotności w plonach, co ma kluczowe znaczenie w kontekście przechowywania i przetwarzania plonów. Dzięki danym z tych czujników, rolnicy mogą dostosować parametry suszenia, co poprawia jakość przechowywanych produktów oraz zmniejsza straty materiału.
- **Systemy GPS i georeferencjonowanie** - technologie GPS umożliwiają precyzyjne georeferencjonowanie zebranych danych. Przypisanie danych do konkretnych współrzędnych geograficznych, umożliwia tworzenie szczegółowych map plonów, które stanowią podstawę do dalszych analiz oraz podejmowania decyzji agronomicznych. Dzięki tym systemom możliwe jest również śledzenie efektywności zbiorów w czasie rzeczywistym.

4.1.2. Platformy chmurowe i zdalny dostęp

Te rozwiązania umożliwiają przechowywanie, analizowanie i udostępnianie danych w czasie rzeczywistym, co daje rolnikom możliwość dostępu do informacji z dowolnego miejsca. Zdalny dostęp do tych platform umożliwia monitorowanie stanu pól i podejmowanie decyzji na bieżąco, co przyczynia się do zwiększenia efektywności zarządzania gospodarstwem. Integracja platform chmurowych z systemami zarządzania gospodarstwem umożliwia również synchronizację danych z różnych źródeł (np. czujników, dronów, maszyn rolniczych).

4.1.3. Systemy zarządzania nawożeniem i ochroną roślin

Systemy te opierają się na analizie danych z map plonów oraz map zmienności gleby, co

pozwała na precyzyjne dawkowanie nawozów i środków ochrony roślin. Dzięki zastosowaniu algorytmów, systemy te umożliwiają określenie optymalnych dawek nawozów oraz czasu aplikacji, co znacząco zmniejsza zużycie chemikaliów i poprawia jakość środowiska naturalnego.

4.1.4. Automatyczna analiza danych

Integracja danych z różnych źródeł (np. czujników plonu, wilgotności, GPS) umożliwia ich automatyczną analizę, co przyspiesza proces podejmowania decyzji w gospodarstwie. Takie rozwiązania pozwalają na szybsze reagowanie na zmieniające się warunki pogodowe, zmieniający się stan gleby czy wystąpienie chorób roślin.

4.1.5. Monitoring plonów w czasie rzeczywistym

Czujniki plonów umożliwiają bieżące monitorowanie wydajności plonów na poszczególnych obszarach pola, co pozwala na szybsze reagowanie na zmieniające się warunki, takie jak susza czy zbyt duża wilgotność gleby.

4.1.6. Optymalizacja zbiorów

Na podstawie danych z czujników wilgotności oraz plonów, rolnicy mogą określić optymalny moment na zbiór plonów, co pozwala na uzyskanie najwyższej jakości produktu oraz zmniejszenie strat materiału.

4.2. Korzyści możliwe do osiągnięcia w wyniku wprowadzenia rozwiązań

4.2.1. Ekonomiczne

- **Optymalizacja kosztów produkcji** - precyzyjne dawkowanie nawozów i środków ochrony roślin na podstawie danych z map plonów oraz zmienności gleby pozwala na zredukowanie kosztów związanych z nadmiernym stosowaniem chemikaliów. Automatyczne systemy analizy danych umożliwiają także monitorowanie efektywności procesów produkcyjnych, co przyczynia się do obniżenia kosztów operacyjnych.
- **Zwiększenie plonów** - dzięki precyzyjnemu zarządzaniu zasobami, można zwiększyć plony, minimalizując zużycie nawozów i wody. Technologie cyfrowe pomagają w identyfikacji obszarów o niższej wydajności, co pozwala na ich poprawę i osiągnięcie wyższych plonów przy mniejszych nakładach.
- **Wzrost efektywności pracy** - automatyzacja procesów w rolnictwie zmniejsza potrzebę pracy manualnej, umożliwiając skoncentrowanie się na bardziej strategicznych decyzjach i zwiększenie efektywności operacyjnej gospodarstw.

4.2.2. Środowiskowe i klimatyczne

- **Redukcja zużycia chemikaliów** - precyzyjne dawkowanie nawozów i środków ochrony roślin zmniejsza ryzyko ich nadmiernego stosowania, co prowadzi do poprawy jakości gleby, wód gruntowych oraz bioróżnorodności.
- **Ograniczenie emisji CO₂** - zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych poprzez redukcję zużycia paliw kopalnych i chemikaliów, co ma pozytywny wpływ na zmiany klimatyczne.

5. Drony rolnicze

5.1. Opis dostępnych rozwiązań i ich zastosowania

5.1.1. Monitorowanie stanu upraw

Drony rolnicze umożliwiają monitorowanie stanu upraw w sposób szybki, precyzyjny i efektywny. Poprzez zastosowanie zaawansowanych sensorów i kamer, takich jak RGB, multispektralne i termowizyjne, drony pozwalają na:

- **Szybka ocena kondycji roślin** – analiza zdjęć lotniczych umożliwia natychmiastową identyfikację problemów w uprawach, takich jak niedobór wody, brak niezbędnych składników odżywczych czy mechaniczne uszkodzenia. Pozwalają na monitorowanie w czasie rzeczywistym stanu roślin i szybszą reakcję na zmiany.
- **Analizę NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)** – jest to wskaźnik, który na podstawie odbicia światła bliskiej podczerwieni ocenia ogólny stan roślin. Drony wyposażone w odpowiednie sensory umożliwiają precyzyjne monitorowanie efektywności zabiegów ochrony roślin oraz poziomu stresu roślin w wyniku zmiennych warunków środowiskowych.
- **Wczesne wykrywanie chorób i szkodników** – drony, wyposażone w multispektralne kamery, są w stanie wychwycić zmiany w fotosyntezie roślin, które są wynikiem ataku chorób lub szkodników. Dzięki wczesnemu wykryciu problemu możliwe jest podjęcie odpowiednich działań zaradczych - oprysk interwencyjny - jeszcze zanim objawy staną się widoczne gołym okiem. Wykonanie zabiegu we wczesnym stadium rozwoju patogena przed jego rozprzestrzenieniem zapobiega porażeniu całej uprawy.
- **Tworzenie map vegetacji** – drony umożliwiają tworzenie szczegółowych map plonowania, które wskazują obszary o różnych potrzebach nawożenia czy nawadniania. Dzięki tym mapom możliwe jest precyzyjne zarządzanie uprawami oraz optymalizacja dawkowania nawozów i środków ochrony roślin.

5.1.2. Precyzyjne zabiegi agrotechniczne

Drony rolnicze mają szerokie zastosowanie nie tylko w monitorowaniu stanu upraw, ale także w wykonywaniu precyzyjnych zabiegów agrotechnicznych. Dzięki swojej autonomicznej pracy, mogą skutecznie uczestniczyć w następujących procesach:

- **Aplikacja nawozów i środków ochrony roślin** - drony umożliwiają mikro-nawadnianie dolistne oraz punktowe stosowanie środków ochrony roślin, co pozwala na minimalizowanie strat związanych z aplikacją środków chemicznych i ograniczenie wpływu na środowisko, a także przekłada się na wyższe plony.

- **Siew nasion** – drony stanowią skuteczne narzędzie w rozsiewie nasion, zwłaszcza w trudnych warunkach terenowych, takich jak obszary górskie czy pola podmokłe. Dzięki zastosowaniu autonomicznych systemów siewu, możliwe jest równomierne rozprowadzenie materiału siewnego na dużych powierzchniach, co zwiększa efektywność pracy.

5.1.3. Zarządzanie zasobami wodnymi

Drony odgrywają kluczową rolę w optymalizacji gospodarki wodnej w rolnictwie, co pozwala na oszczędności w zużyciu wody i poprawę efektywności nawadniania:

- **Monitorowanie wilgotności gleby** – kamery termiczne oraz czujniki hiperspektralne umożliwiają precyzyjne monitorowanie poziomu wilgotności gleby na różnych głębokościach. Dane te pozwalają na lepsze zarządzanie systemami nawadniania, zmniejszając zużycie wody i zapobiegając jej nadmiernemu gromadzeniu się w glebie.
- **Wykrywanie obszarów z nadmiarem lub niedoborem wody** – drony pozwalają na identyfikację miejsc, w których woda nie jest rozprowadzana równomiernie. Dzięki temu możliwe jest usprawnienie systemów irygacyjnych oraz wykrywanie uszkodzeń w infrastrukturze nawadniającej, takich jak nieszczelne rury.

5.1.4. Ocena szkód i ubezpieczenia

Drony rolnicze mogą również wspierać proces oceny szkód po klęskach żywiołowych oraz w kontekście ubezpieczeń:

- **Klęski żywiołowe** – drony dostarczają precyzyjnych danych po wydarzeniach takich jak gradobicie, burze czy powodzie. Dzięki zestawieniu zdjęć stanu upraw przed i po szkodzie, możliwe jest szybkie przygotowanie raportów ubezpieczeniowych.
- **Szkody spowodowane przez zwierzęta** – drony umożliwiają monitorowanie obszarów narażonych na działalność dzikich zwierząt, takich jak dziki, sarny czy żubry, które niszczą uprawy. Dzięki obrazom uzyskanym z dronów rolnicy mogą dokładnie oszacować zakres szkód i podjąć odpowiednie działania w celu ich minimalizacji, np. stosując metody odstraszenia.

5.1.5. Mapowanie i analiza terenu

- **Tworzenie ortofotomap** – dzięki wysokiej jakości ortofotomap, rolnicy mogą dokładnie ocenić strukturę gleby, ukształtowanie terenu oraz warunki do uprawy. Takie mapy pomagają w optymalnym planowaniu rozkładu upraw i podejmowaniu decyzji dotyczących rozmieszczenia nawodnienia czy nawożenia. Mapy pomagają także w analizie i ocenie topografii terenu, tym samym w wykrywaniu miejsc zagrożonych osuwiskami lub nadmiernym zalewaniem.

5.1.6. Monitorowanie zwierząt gospodarskich

- **Lokalizacja i liczenie zwierząt na pastwiskach** – dzięki zastosowaniu kamer termowizyjnych, drony umożliwiają szybkie i dokładne lokalizowanie zwierząt na dużych pastwiskach. Systemy te są w stanie automatycznie identyfikować brakujące osobniki, co pozwala na szybsze ich odnalezienie.
- **Identyfikacja chorych zwierząt** – termowizja pozwala wykrywać gorączkę u zwierząt, co może wskazywać na ich chorobę. Wczesne wykrycie problemu pozwala na szybsze podjęcie działań, takich jak izolowanie chorego zwierzęcia i zapobieganie rozprzestrzenianiu się choroby w stadzie.

5.1.7. Bezpieczeństwo i ochrona

- **Monitorowanie granic pól** – drony mogą patrolować granice gospodarstw rolnych, wykrywając nieautoryzowany dostęp, np. kłusowników lub złodziei zarówno w dzień, jak i w nocy, między innymi wysyłając alerty.
- **Odstraszanie dzikiej zwierzyny** – niektóre modele dronów emitują dźwięki odstraszające ptaki i ssaki, które niszczą uprawy.

5.2. Korzyści możliwe do osiągnięcia w wyniku wprowadzenia rozwiązań

5.2.1. Ekonomiczne

- **Optymalizacja kosztów produkcji** – precyzyjne dozowanie nawozów i środków ochrony roślin zmniejsza koszty chemikaliów i zwiększa efektywność ich wykorzystania.
- **Zwiększenie wydajności plonów** – dokładniejsze dopasowanie zabiegów do specyficznych potrzeb roślin, co skutkuje wyższymi plonami i mniejszym zużyciem zasobów.
- **Redukcja kosztów pracy** – automatyzacja pozwala na zmniejszenie zapotrzebowania na pracę ręczną, co przekłada się na oszczędności w zasobach ludzkich.

5.2.2. Środowiskowe i klimatyczne

- **Redukcja zużycia chemikaliów** – precyzyjne aplikowanie nawozów i środków ochrony roślin zmniejsza ich nadmierne stosowanie, co wpływa korzystnie na jakość gleby i wód gruntowych.
- **Ograniczenie emisji CO₂** – zmniejszenie zużycia paliw kopalnych dzięki automatyzacji działań rolniczych, co przyczynia się do obniżenia emisji gazów cieplarnianych.

6. Urządzenia do oznaczania zaopatrzenia roślin w azot (ręczne i mobilne)

Odpowiednie zaopatrzenie roślin w azot jest kluczowym czynnikiem determinującym jakość i plonowanie upraw. Nadmierne stosowanie nawozów azotowych prowadzi do strat ekonomicznych, zanieczyszczenia wód gruntowych i emisji gazów cieplarnianych.

6.1. Opis dostępnych rozwiązań i ich zastosowania

6.1.1. Ręczne urządzenia do pomiaru azotu

Dzięki tym urządzeniom możliwe jest precyzyjne dostosowanie dawek nawożenia do bieżących potrzeb roślin, co minimalizuje straty nawozów oraz negatywny wpływ na środowisko.

- **Pomiar zawartości chlorofilu**

Chlorofil jest bezpośrednim wskaźnikiem zaopatrzenia roślin w azot, ponieważ jego produkcja zależy od dostępu rośliny do tego składnika odżywczego. Urządzenia do pomiaru chlorofilu pozwalają na ocenę stanu odżywienia roślin w czasie rzeczywistym, analizując intensywność zieleni liści. Dzięki tej metodzie rolnicy mogą natychmiastowo przeprowadzić korektę nawożenia.

- **Łatwość obsługi**

Dzięki lekkiej konstrukcji, intuicyjnym interfejsom oraz bateriom o długiej żywotności, urządzenia te są w stanie sprostać wymaganiom rolników w różnych warunkach terenowych. Rolnik może wykonać pomiar w dowolnym miejscu na polu, uzyskując natychmiastowy wynik, który umożliwia szybkie podjęcie decyzji dotyczącej dalszego nawożenia

- **Bezprzewodowa komunikacja**

Wykorzystanie łączności Bluetooth, umożliwia przesyłanie wyników pomiarów bezpośrednio do aplikacji mobilnych, które pozwalają na analizowanie wyników na bieżąco, monitorowanie zmian w sezonie wegetacyjnym, a także otrzymywanie spersonalizowanych rekomendacji nawozowych.

6.1.2. Mobilne systemy pomiarowe

Mobilne systemy pomiarowe przeznaczone do ciągłego monitorowania stanu zaopatrzenia roślin w azot stanowią zaawansowane narzędzie wspomagające rolników w zarządzaniu nawożeniem na dużych powierzchniach. Czujniki zainstalowane na maszynach rolniczych, takich jak ciągniki, opryskiwacze czy rozsiewacze nawozów, umożliwiają automatyczne i precyzyjne

dostosowanie dawek nawozowych w czasie rzeczywistym, co znacząco poprawia efektywność wykorzystania nawozów.

- **Czujniki optyczne**

Montowane są na maszynach rolniczych i analizują światło odbite od roślin, mierząc poziom chlorofilu oraz biomasy. Odbite światło jest wykorzystywane do obliczenia indeksu wegetacyjnego rośliny (NDVI), który informuje o jej kondycji i zapotrzebowaniu na azot. Czujniki te umożliwiają dynamiczne dostosowanie dawek nawozów w czasie rzeczywistym, co przekłada się na bardziej precyzyjne nawożenie i oszczędności związane z nadmiernym stosowaniem nawozów.

- **Zmienne dawkowanie nawozów (VRA - *Variable Rate Application*)**

Systemy zmiennego dawkowania nawozów pozwalają na precyzyjne dopasowanie ilości nawozów do zapotrzebowania roślin w różnych częściach pola. Dzięki integracji z czujnikami optycznymi i systemami sterowania maszynami, rolnicy mogą aplikować nawozy tylko tam, gdzie są one naprawdę potrzebne, eliminując straty związane z nadmiernym nawożeniem.

- **Informatyczny system zarządzania gospodarstwem (FMIS - *Farm Management Information System*)**

Mobilne systemy pomiarowe integrują się z systemami zarządzania gospodarstwem rolnym (FMIS), co umożliwia rolnikom analizowanie danych w długoterminowej perspektywie. Gospodarze mogą tworzyć mapy aplikacyjne nawożenia, które pozwalają na optymalizację rozmieszczenia nawozów w zależności od indywidualnych potrzeb roślin na różnych częściach pola. Integracja z FMIS umożliwia również monitorowanie historii nawożenia i plonów, co sprzyja podejmowaniu lepszych decyzji agrotechnicznych w przyszłych sezonach.

6.2. Korzyści możliwe do osiągnięcia w wyniku wprowadzenia rozwiązań

6.2.1. Ekonomiczne

- **Redukcja kosztów zakupu nawozów**

Precyzyjne dostosowanie dawek nawozowych pozwala na ograniczenie zużycia nawozów, co obniża koszty produkcji.

- **Zwiększenie plonów**

Dzięki zastosowaniu nowoczesnych systemów pomiarowych rolnicy mogą uzyskać wyższe plony, poprawiając rentowność upraw.

6.2.2. Środowiskowe i klimatyczne

- **Ograniczenie strat azotu**

Zmniejszenie nadmiernego stosowania nawozów azotowych przyczynia się do zmniejszenia

emisji gazów cieplarnianych, takich jak tlenki azotu oraz zmniejsza ryzyko zanieczyszczenia wód gruntowych. Precyzyjne dawkowanie nawozów minimalizuje ryzyko ich wypłukiwania i emisji do atmosfery.

- **Zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska**

Ograniczenie nadmiernego stosowania nawozów azotowych zmniejsza negatywny wpływ rolnictwa na środowisko naturalne, poprawiając jakość wód gruntowych, powietrza i gleby.

7. Rolnicze stacje meteo wraz z oprogramowaniem i czujnikami pomiarowymi

Rolnicze stacje meteorologiczne, wyposażone w zaawansowane czujniki oraz zintegrowane z systemami zarządzania gospodarstwem, stanowią fundament nowoczesnego, precyzyjnego i zrównoważonego rolnictwa.

7.1. Opis dostępnych rozwiązań i ich zastosowania

7.1.1. Czujniki pomiarowe

Stacje meteorologiczne w rolnictwie precyzyjnym są wyposażone w szereg czujników, które umożliwiają monitorowanie najistotniejszych parametrów atmosferycznych i glebowych, takich jak:

- **Temperatura i wilgotność powietrza** - monitorowanie tych parametrów pozwala na prognozowanie warunków wzrostu roślin, w tym identyfikowanie zagrożeń związanych z nagłymi zmianami temperatury, takich jak przymrozki czy upały. Precyzyjne dane meteorologiczne wspomagają optymalizację terminów siewu, zbiorów i innych zabiegów agrotechnicznych, co prowadzi do lepszej efektywności produkcji.
- **Opady atmosferyczne** – dzięki dokładnym pomiarom opadów atmosferycznych rolnicy mogą zaplanować odpowiednią ilość wody, co zapobiega zarówno niedoborom, jak i nadmiarowi wody. Optymalne nawadnianie sprzyja zdrowiu upraw, a także oszczędnościom w zużyciu wody.
- **Prędkość i kierunek wiatru** - pomiar tych parametrów ma znaczenie przede wszystkim przy planowaniu zabiegów ochrony roślin, takich jak opryski. Dzięki precyzyjnym informacjom możliwe jest zaplanowanie odpowiednich działań, aby zwiększyć ich efektywność oraz zminimalizować ryzyko niepożądanych skutków ubocznych, takich jak rozprzestrzenianie się środków ochrony roślin na inne obszary.
- **Wilgotność gleby** - w kontekście rolnictwa precyzyjnego, optymalne zarządzanie wilgotnością gleby umożliwia nie tylko zaoszczędzenie wody, ale także ochronę roślin przed stresem wodnym, który może negatywnie wpłynąć na ich wzrost i plonowanie.

7.1.2. Oprogramowanie analityczne

Nowoczesne stacje meteorologiczne są zintegrowane z zaawansowanym oprogramowaniem, które oferuje funkcje analizy i wizualizacji danych, umożliwiające dokładniejsze prognozy i planowanie:

- **Zbieranie i analiza danych** - oprogramowanie umożliwia ciągłe zbieranie danych z czujników, a także ich analizowanie w czasie rzeczywistym. Dane są przedstawiane w postaci wykresów, map czy raportów, co umożliwia szybsze podejmowanie decyzji oraz reagowanie na zmieniające się warunki.
- **Prognozowanie pogody** - stacje meteorologiczne są połączone z zewnętrznymi serwisami meteorologicznymi, co pozwala na uzyskanie dokładnych prognoz pogodowych. Zintegrowane prognozy pomagają w planowaniu prac polowych, takich jak siew, nawożenie czy ochrona roślin, zapewniając optymalne warunki do ich realizacji.
- **Modele chorobowe** - oprogramowanie analizuje warunki sprzyjające rozwojowi chorób roślin, takich jak infekcje grzybowe czy bakteryjne. Dzięki zastosowaniu odpowiednich algorytmów, możliwe jest przewidywanie zagrożeń oraz szybsze reagowanie na wczesne objawy chorób, co zapobiega ich rozprzestrzenianiu się i minimalizuje straty w plonach.
- **Powiadomienia i alerty** - system automatycznie generuje powiadomienia o niekorzystnych warunkach pogodowych, takich jak burze, przymrozki czy intensywne opady. Dzięki tym alertom rolnicy mają możliwość podjęcia odpowiednich działań, takich jak ochrona roślin przed przymrozkami czy zabezpieczenie upraw przed skutkami burz.

7.1.3. Integracja z nowoczesnymi technologiami

- **Automatyzacja nawadniania** - stacje meteorologiczne mogą być zintegrowane z systemami irygacyjnymi, które automatycznie dostosowują ilość wody dostarczanej do roślin w zależności od rzeczywistych warunków pogodowych i wilgotności gleby.
- **Dwukierunkowa wymiana danych z informatycznymi systemami zarządzania gospodarstwem (FMIS)** - stacje meteorologiczne mogą być zintegrowane z systemami wspomagania decyzji, umożliwiając dwukierunkową wymianę danych. Dzięki tej funkcjonalności rolnicy mają dostęp do pełnych informacji o stanie upraw oraz mogą otrzymywać zalecenia dotyczące działań agrotechnicznych, takich jak optymalny czas siewu, nawożenia czy ochrony roślin.

7.2. Korzyści możliwe do osiągnięcia w wyniku wprowadzenia rozwiązań

7.2.1. Ekonomiczne

- **Optymalizacja zużycia środków produkcji** - precyzyjne dane pogodowe pozwalają na dostosowanie momentu i dawki nawożenia, nawadniania oraz stosowania środków ochrony roślin, co minimalizuje straty i zmniejsza koszty operacyjne.
- **Redukcja kosztów nawadniania** - monitorowanie wilgotności gleby w różnych warstwach pozwala na dostosowanie ilości i harmonogramu nawadniania, co obniża zużycie wody oraz koszty energii związane z jej pompowaniem.
- **Minimalizacja strat plonów** - systemy wczesnego ostrzegania o przymrozkach, suszy czy zagrożeniach chorobowych pozwalają na szybką reakcję, co zmniejsza ryzyko strat plonów.
- **Precyzyjne prognozowanie plonów** - analiza danych meteorologicznych w połączeniu z informacjami glebowymi i fenologicznymi umożliwia dokładniejsze planowanie zbiorów i sprzedaży, co pozwala na lepsze zarządzanie magazynowaniem i logistyką.
- **Zwiększenie efektywności pracy** - możliwość zdalnego monitorowania warunków atmosferycznych i glebowych ogranicza potrzebę manualnych pomiarów, co pozwala rolnikom skupić się na bardziej strategicznych aspektach zarządzania gospodarstwem.

7.2.2. Środowiskowe i klimatyczne

- **Ograniczenie stosowania środków chemicznych** - dzięki monitorowaniu warunków sprzyjających rozwojowi chorób i szkodników można ograniczyć liczbę zabiegów chemicznych, stosując je tylko wtedy, gdy są rzeczywiście potrzebne.
- **Zmniejszenie zużycia wody** - precyzyjne dane o wilgotności gleby i prognozach opadów umożliwiają efektywniejsze zarządzanie nawadnianiem, co prowadzi do oszczędności wody i redukcji negatywnego wpływu na zasoby wodne.
- **Lepsze zarządzanie glebą** - ciągły monitoring temperatury i wilgotności gleby zapobiega jej degradacji oraz sprzyja stosowaniu praktyk zrównoważonego rolnictwa, takich jak uprawy regeneracyjne czy płodozmian.
- **Zwiększenie bioróżnorodności** - ograniczenie chemicznej ingerencji w ekosystemy uprawne sprzyja zachowaniu naturalnych wrogów szkodników i wspiera bioróżnorodność gleby oraz ekosystemów rolniczych.
- **Redukcja emisji gazów cieplarnianych** - ograniczenie przejazdów maszyn rolniczych oraz zoptymalizowanie procesów nawożenia i oprysków prowadzi do zmniejszenia zużycia paliwa i redukcji emisji CO₂.

8. Systemy jazdy równoległej i automatycznego prowadzenia ciągnika lub maszyny

Systemy jazdy równoległej i automatycznego prowadzenia maszyn rolniczych, które, dzięki integracji z systemami GPS, nawigacji satelitarnej GNSS oraz autonomicznymi układami sterowania, zapewniają precyzyjne i efektywne wykonywanie prac rolnych. Dzięki integracji z informatycznymi systemami zarządzania gospodarstwem (FMIS) możliwe jest ciągłe monitorowanie i optymalizacja pracy maszyn w czasie rzeczywistym, co zwiększa efektywność produkcji oraz minimalizuje negatywny wpływ działalności rolniczej na środowisko.

8.1. Opis dostępnych rozwiązań i zastosowania

8.1.1. Systemy prowadzenia

- **Półautomatyczne systemy prowadzenia**

- Systemy pomagają operatorowi w utrzymaniu maszyny na precyzyjnie wyznaczonym torze. Operator wciąż ma kontrolę nad maszyną, ale system minimalizuje błędy w trajektorii poprzez automatyczne korygowanie drobnych odchyleń. Dzięki temu operator nie musi się martwić o małe błędy, które mogą się pojawić przy manualnym prowadzeniu.
- Idealne do zastosowań wymagających większej precyzji, takich jak siew, nawożenie czy sadzenie. Te prace wymagają znacznej dokładności w układzie rowków nasiennych, rozmieszczeniu nawozów czy precyzyjnej lokalizacji sadzonych roślin.

- **Automatyczne systemy prowadzenia**

- systemy przejmują pełną kontrolę nad maszyną, utrzymując ją na zaplanowanym torze z najwyższą możliwą precyzją. System monitoruje pozycję maszyny w czasie rzeczywistym i w razie potrzeby automatycznie koryguje trajektorię.
- stosowane w zaawansowanych operacjach rolniczych, takich jak precyzyjne siewy, opryski czy uprawa międzyrzędowa, gdzie minimalizacja błędów w torze jazdy pozytywnie wpływa na efektywność produkcji oraz jakość plonów.

Kluczowe komponenty systemów automatycznego prowadzenia:

- **Odbiornik GPS/GNSS**

Odbiornik GPS/GNSS zapewnia dokładne dane dotyczące położenia maszyny na polu, umożliwiając precyzyjne śledzenie jej toru jazdy.

- **Kontroler nawigacyjny**

Urządzenie odpowiedzialne za generowanie sygnałów sterujących do układu kierowniczego maszyny. Kontroler interpretuje dane z GPS/GNSS oraz innych czujników, by precyzyjnie ustawić tor jazdy maszyny w czasie rzeczywistym.

– **Interfejs użytkownika**

Umożliwia operatorowi łatwe monitorowanie stanu systemu, dostosowanie ustawień oraz odbieranie informacji o stanie maszyny i postępie prac.

– **Aktuator kierowniczy**

Mechanizm, który przejmuje sterowanie kołami maszyny, utrzymując ją na wyznaczonym torze jazdy, eliminując potrzebę manualnego kierowania przez operatora.

Zaproponowane rozwiązania znajdują zastosowanie w takich zabiegach jak:

- **Siew** - równomierne rozmieszczenie nasion w glebie. Systemy te eliminują ryzyko nakładek oraz omijaków, co z kolei zwiększa plony oraz zmniejsza marnotrawstwo materiału siewnego. Precyzyjne rozstawienie nasion wpływa na równomierny rozwój roślin, poprawiając ogólną jakość upraw.
- **Nawożenie** - dawkowanie nawozów zgodnie z wymaganiami poszczególnych stref na polu, co pozwala na oszczędności materiałowe i minimalizację nadmiernego nawożenia. Zastosowanie tych systemów prowadzi do bardziej efektywnego wykorzystania nawozów, co przekłada się na niższe koszty produkcji i lepszą kondycję gleby.
- **Opryski** - precyzyjne stosowanie środków ochrony roślin, takich jak herbicydy, fungicydy czy pestycydy, jest możliwe dzięki systemom jazdy równoległej. Tego typu systemy pozwalają na kontrolowanie dokładności aplikacji, minimalizując ryzyko ich nadmiernego rozpryskiwania, co zmniejsza ich wpływ na środowisko oraz poprawia efektywność ochrony roślin.
- **Zbiór** - precyzyjne sterowanie maszyną zmniejsza ryzyko utraty plonów na skutek nieprecyzyjnego ruchu kombajnu.
- **Uprawa gleby** - systemy jazdy równoległej pozwalają na minimalizację ugniatania gleby. Zmniejszenie tego procesu przyczynia się do poprawy struktury gleby, co sprzyja jej zdrowiu i poprawia warunki do wzrostu roślin.

8.2. Korzyści możliwe do osiągnięcia w wyniku wprowadzenia rozwiązań

8.2.1. Ekonomiczne

- **Zmniejszenie kosztów produkcji** - wykorzystanie systemów jazdy równoległej i automatycznego prowadzenia maszyn prowadzi do optymalizacji zużycia paliwa, materiałów eksploatacyjnych oraz nawozów.

- **Zwiększenie wydajności** - zwiększenie efektywności wszystkich wykonywanych prac, co prowadzi do wyższych plonów oraz lepszej jakości produktów rolnych. Dzięki automatycznym systemom, prace rolnicze mogą być wykonywane szybciej i dokładniej, a maszyny są w stanie pracować w trudnych warunkach pogodowych.
- **Oszczędności zasobów** - precyzyjne dawkowanie nawozów i środków ochrony roślin minimalizuje zużycie surowców, co przekłada się na zmniejszenie kosztów ich zakupu. Zmniejszenie ich nadmiernego stosowania ma również korzystny wpływ na długoterminową jakość gleby i bioróżnorodność.

8.2.2. Środowiskowe i klimatyczne

- **Ochrona wód gruntowych** - precyzyjne nawożenie zmniejsza ryzyko wypłukiwania chemikaliów i nawozów do wód gruntowych, co pozwala na ich lepszą ochronę i poprawia jakość wód pitnych.
- **Redukcja emisji gazów cieplarnianych** - dzięki optymalizacji stosowania nawozów, pestycydów oraz innych środków ochrony roślin, systemy jazdy równoległej przyczyniają się do zmniejszenia ich nadmiernego zużycia, co redukuje emisję gazów cieplarnianych, takich jak: dwutlenek węgla, tlenki azotu i metan.